



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**TEMA:**

---

---

**CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y  
MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS:  
CONSTANTINO FERNÁNDEZ Y PINLLO, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA  
DE TUNGURAHUA.**

---

---

**AUTOR:**

**JUAN CARLOS CLAUDIO LLUMITASIG**

**TUTOR:**

**Ing. Favio Portilla**

**Ambato – Ecuador**

**2020**

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Favio Portilla, certifico que el presente Trabajo Experimental bajo el tema: “CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS: CONSTANTINO FERNÁNDEZ Y PINLLO, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”, es de autoría del Sr. Juan Carlos Claudio Llumitasig, el mismo que ha sido realizado bajo mi supervisión y tutoría.

En todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad

Ambato, enero del 2020



Ing. Favio Portilla

## AUTORÍA

Yo, Juan Carlos Claudio Llumitasig con CI: 050312424-0, Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio del presente que el trabajo con el tema: “CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS: CONSTANTINO FERNÁNDEZ Y PINLLO, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”, es de mi completa autoría.

Ambato, enero del 2020



---

Juan Carlos Claudio Llumitasig

## DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, enero del 2020



---

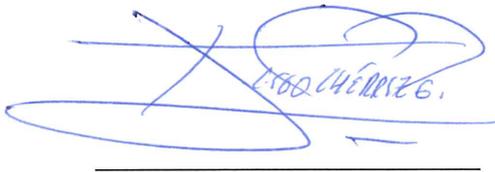
Juan Carlos Claudio Llumitasig

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal examinador aprueban el informe de investigación, sobre el tema: “CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS: CONSTANTINO FERNÁNDEZ Y PINLLO, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”, del egresado Juan Carlos Claudio Llumitasig, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Ambato, enero del 2020

Para constancia firman.



Ing. Mg. Diego Chérrez G.



Ing. Mg. Alex López A.

## DEDICATORIA

*Dedico esta meta tan deseada a mi papito Carlos, mi mamita Bertha y mi hermanito Javier, que con su apoyo incondicional han sabido guiarme y corregir mis pasos para lograr alcanzar mi objetivo.*

*Durante mi vida fueron capaces de brindarme su amor, cariño, tiempo, esfuerzo y sobre todo paciencia para formarme como una persona responsable y respetuosa. El éxito logrado no es más que la suma de cada uno de sus esfuerzos y constante lucha diaria por lograr verme triunfar y ser alguien en la vida.*

*Lo consiguieron papitos, trabajo cumplido*

JUAN CARLOS

## AGRADECIMIENTO

Diosito, gracias por haber iluminado mi camino, darme fuerzas y aliento suficiente durante esta travesía que no hace más que iniciar. Permíteme seguir eligiendo el camino del bien y brindarme sabiduría para lograr ser un buen profesional. Nunca me cansare de agradecerte por haberme regalado la familia que tengo, mis papis y mi hermano son mi mayor tesoro y si bien es cierto que alcance un logro importante en mi vida. Nada se compara ni me llena de satisfacción el saber que tengo un padre, una madre y un hermano con quienes siempre voy a poder contar.

Papito, gracias por ser un hombre trabajador y enseñarme el valor de la vida. Gracias por levantarse cada mañana para ir en busca del sustento para nuestra familia, usted representa la fuerza para nuestro hogar. Mamita querida, la reina de la casa, el motor de la familia, gracias por cada muestra de cariño y amor hacia a mí. Hermanito querido, llegaste a nuestras vidas para unirnos, fortalecernos y enseñarnos que se puede salir adelante, eres mi principal motivo para continuar dándole guerra a la vida.

Tío Oswaldo y tía Marlene, que afortunado me siento al saber que cuento con su confianza y apoyo. Gracias por haber estado en los momentos difíciles de mi vida. Pame, primita gracias por siempre tratar de brindarme tu ayuda y por la confianza depositada en mí. Bryan y Mateo, gracias por esos ratos de juego y ocurrencias que hemos compartido.

Y como no recordar a mis viejitos queridos, abuelito Alberto y abuelita Carmen gracias por sus consejos y estar siempre pendientes de mí, gracias por brindarme ese inmenso y sincero cariño.

Agradezco al resto de mi familia, quienes siempre han estado pendientes y prestos a ofrecerme su ayuda cuando es necesario.

Un inmenso y eterno agradecimiento a mi tutor de tesis, Ing. Favio Portilla que me dio la oportunidad de realizar la investigación bajo su tutela. Gracias por compartir sus conocimientos y su tiempo para el desarrollo del proyecto.

Agradezco la oportunidad de haber encontrado amigos/as junto con quienes pasamos gratos momentos y logramos superar los obstáculos de la carrera.

*Juan Carlos Claudio Llumitasig*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

### A. PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	II
AUTORÍA.....	III
DERECHOS DE AUTOR.....	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	V
DEDICATORIA .....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVII
RESUMEN EJECUTIVO .....	XX
ABSTRACT.....	XXI

### B. CONTENIDO

CAPITULO I.....	1
<b>1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.1. Antecedentes.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.2. Justificación .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1.3. Fundamentación Teórica.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.3.1. Definición y características de los suelos.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.3.2. Clasificación general de los suelos .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.3.3. Propiedades Índice .....</b>	<b>6</b>
<b>1.1.3.3.1. Contenido de Humedad .....</b>	<b>6</b>
<b>1.1.3.3.2. Granulometría .....</b>	<b>7</b>
<b>1.1.3.3.3. Relación de vacíos (e) .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1.3.3.4. Porosidad (<math>\eta</math>).....</b>	<b>9</b>
<b>1.1.3.3.5. Grado de saturación del agua (<math>G_w\%</math>).....</b>	<b>10</b>
<b>1.1.3.3.6. Grado de saturación del aire (<math>G_a\%</math>) .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1.3.3.7. Límites de Atterberg .....</b>	<b>11</b>

1.1.3.3.8.	Gravedad Específica .....	15
1.1.3.3.9.	Densidad de Campo .....	16
1.1.3.4.	Clasificación de los suelos según AASHTO .....	17
1.1.3.5.	Clasificación de los suelos según SUCS .....	21
1.1.3.6.	Propiedades Mecánicas.....	24
1.1.3.6.1.	Proctor Modificado .....	24
1.1.3.6.2.	CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO) .....	26
1.1.3.6.3.	Cono de Penetración Dinámico (DCP) .....	28
1.1.3.7.	Conceptos generales de Estadística .....	29
1.1.3.8.	Regresión.....	30
1.1.3.9.	Correlación .....	33
1.1.3.10.	Pavimento flexible .....	35
1.1.3.10.1.	Subrasante.....	35
1.1.3.10.2.	Subbase.....	36
1.1.3.10.3.	Base.....	37
1.1.3.10.4.	Capa de rodadura.....	38
1.1.3.11.	Diseño Pavimento flexible Método AASHTO 1993.....	38
1.1.4.	Hipótesis .....	45
1.2.	OBJETIVOS .....	45
1.2.1.	Objetivo General .....	46
1.2.2.	Objetivos Específicos.....	46
CAPÍTULO II .....		47
2.1.	Nivel De Investigación .....	47
2.2.	Tipo o Modalidad De Investigación .....	48
2.3.	Población Y Muestra .....	49
2.4.	MATERIALES Y EQUIPOS .....	51
2.5.	MÉTODOS.....	53
2.5.1.	Plan de recolección de datos .....	53
2.5.2.	ENSAYOS .....	55
2.5.3.	Plan de Procesamiento y Análisis de Información.....	58

CAPÍTULO III.....	65
3.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	65
3.1.1. Propiedades Índice.....	65
3.1.1.1. Densidad de campo.....	65
3.1.1.2. Gravedad específica.....	66
3.1.1.3. Granulometría.....	67
3.1.1.4. Límites de Atterberg.....	68
3.1.2. Clasificación de suelos.....	69
3.1.3. Propiedades Mecánicas.....	72
3.1.3.1. Proctor.....	72
3.1.3.2. CBR.....	73
3.1.3.3. DCP.....	73
3.1.4. Nomenclatura.....	74
3.1.4.1. Tabla resumen de los ensayos de campo y de laboratorio.....	75
3.1.5. Correlaciones.....	77
3.1.6. Diseño estructural de pavimento flexible AASHTO 93.....	105
3.1.6.1. Conteo vehicular.....	105
3.1.6.2. Determinación de Ejes Equivalentes para periodo de diseño (W18) ..	108
3.1.7. Aplicación de las correlaciones para diseño de pavimento flexible.....	121
3.2. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.....	127
 CAPÍTULO IV.....	 129
4.1. CONCLUSIONES.....	129
4.2. RECOMENDACIONES.....	131
<b>C. MATERIALES DE REFERENCIA</b>	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	133
ANEXOS.....	137
A. Ensayos realizados.....	138
B. TPDA.....	239
C. PESOS Y DIMENSIONES.....	240
D. ARCHIVO FOTOGRAFICO.....	242

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores típicos de porosidad del suelo.....	10
Tabla 2. Valores típicos de Gravedad Especifica.....	15
Tabla 3. Rangos típicos de Densidad seca del suelo.....	16
Tabla 4. Sistema de clasificación de suelos AASHTO .....	20
Tabla 5. Prefijos suelos granulares SUCS.....	21
Tabla 6. Sufijos suelos granulares SUCS.....	21
Tabla 7. Prefijos suelos finos SUCS. ....	22
Tabla 8. Sufijos suelos finos SUCS. ....	22
Tabla 9. Sistema de clasificación de suelos SUCS .....	23
Tabla 10. Valores de penetración y carga unitaria patrón.....	27
Tabla 11. Clasificación de CBR.....	27
Tabla 12. Tipos de regresión.....	30
Tabla 13. Nivel de correlación.....	34
Tabla 14. Porcentajes material retenido en tamices para subbase .....	36
Tabla 15. Porcentajes material retenido en tamices para base .....	37
Tabla 16. Período de diseño según la vía.....	39
Tabla 17. Factor de distribución por carril.....	39
Tabla 18. Nivel de confiabilidad.....	40
Tabla 19. Valores de desviación estándar normal.....	40
Tabla 20. Valores de desviación estándar global .....	41
Tabla 21. Calificación índice de serviciabilidad .....	42
Tabla 22. Espesores mínimos según los ejes equivalentes .....	42
Tabla 23. Espesores mínimos según los ejes equivalentes .....	45
Tabla 24. Corrección de coeficientes $m_2$ y $m_3$ en base al drenaje.....	45
Tabla 25. Materiales y equipos .....	51
Tabla 26. Plan de recolección de datos .....	53
Tabla 27. Tabla tipo para correlaciones lineales múltiples .....	59
Tabla 28. Matriz inversa correlación lineal múltiple .....	60
Tabla 29. Tabla tipo para correlaciones logarítmicas múltiples .....	61
Tabla 30. Matriz inversa correlación logarítmica múltiple.....	61

Tabla 31. Tabla tipo para correlaciones potenciales múltiples .....	62
Tabla 32. Matriz inversa correlación potencial múltiple .....	63
Tabla 33. Tabla tipo para correlaciones exponenciales múltiples.....	63
Tabla 34. Matriz inversa correlación exponencial múltiple.....	64
Tabla 35. Resumen propiedades índice.....	65
Tabla 36. Resumen Gravedad específica .....	66
Tabla 37. Resumen Granulometría .....	67
Tabla 38. Resumen límites de Atterberg.....	68
Tabla 39. Resumen clasificación AASHTO - SUCS .....	69
Tabla 40. Resumen proctor .....	72
Tabla 41. Resumen CBR.....	73
Tabla 42. Resumen DCP .....	73
Tabla 43. Nomenclatura y sus unidades.....	74
Tabla 44. Tabla resumen de las propiedades del suelo .....	75
Tabla 45. Tabla resumen de las propiedades del suelo .....	76
Tabla 46. Correlaciones entre Propiedades Índice.....	77
Tabla 47. Correlaciones entre DN vs. Propiedades Índice.....	78
Tabla 48. Correlaciones entre CBR vs. Propiedades Índice .....	79
Tabla 49. Volumen vehicular hora pico .....	105
Tabla 50. Índice de crecimiento vehicular .....	107
Tabla 51. Tráfico proyectado 20 años.....	108
Tabla 52. Período de diseño según la vía.....	108
Tabla 53. Factor de daño según tipo de automotor (FD). .....	109
Tabla 54. Número de ejes equivalentes.....	110
Tabla 55. Espesores mínimos según ejes equivalentes .....	111
Tabla 56. Nivel de confiabilidad “R” .....	111
Tabla 57. Desviación Estándar Normal “Zr” .....	112
Tabla 58. Determinación de valores a3.....	113
Tabla 59. Determinación de valores a3.....	114
Tabla 60. Determinación de valores a3.....	115
Tabla 61. Calidad de drenaje.....	116

Tabla 62. Corrección de coeficientes $m_2$ y $m_3$ en base al drenaje.....	116
Tabla 63. Cuadro resumen para cálculo de SN, W18 calculado.....	117
Tabla 64. Diseño de pavimento flexible, W18 calculado .....	118
Tabla 65. Cuadro resumen para cálculo de SN, W18 Impuesto .....	119
Tabla 66. Diseño de pavimento flexible W18 Impuesto.....	120
Tabla 67. Cuadro resumen para cálculo de SN , CBR 20%.....	122
Tabla 68. Diseño de pavimento flexible W18 calculado .....	123
Tabla 69. Cuadro resumen para cálculo de SN , CBR 20%.....	124
Tabla 70. Diseño de pavimento flexible W18 impuesto.....	125
Tabla 71. Cuadro resumen diseño pavimento flexible.....	126
Tabla 72. Densidad de campo pozo 1 .....	138
Tabla 73. Densidad de campo pozo 2 .....	139
Tabla 74. Densidad de campo pozo 3 .....	140
Tabla 75. Densidad de campo pozo 4 .....	141
Tabla 76. Densidad de campo pozo 5 .....	142
Tabla 77. Densidad de campo pozo 6 .....	143
Tabla 78. Densidad de campo pozo 7 .....	144
Tabla 79. Densidad de campo pozo 8 .....	145
Tabla 80. Densidad de campo pozo 9 .....	146
Tabla 81. Densidad de campo pozo 10 .....	147
Tabla 82. Densidad de campo pozo 11 .....	148
Tabla 83. Densidad de campo pozo 12 .....	149
Tabla 84. DCP pozo 1 .....	150
Tabla 85. DCP pozo 2 .....	152
Tabla 86. DCP pozo 3.....	153
Tabla 87. DCP pozo 4.....	155
Tabla 88. DCP pozo 5.....	157
Tabla 89. DCP pozo 6.....	158
Tabla 90. DCP pozo 7.....	159
Tabla 91. DCP pozo 8.....	160
Tabla 92. DCP pozo 9.....	161

Tabla 93. DCP pozo 10 .....	162
Tabla 94. DCP pozo 11 .....	164
Tabla 95. DCP pozo 12 .....	166
Tabla 96. Granulometría pozo 1.....	167
Tabla 97. Granulometría pozo 2.....	168
Tabla 98. Granulometría pozo 3.....	169
Tabla 99. Granulometría pozo 4.....	170
Tabla 100. Granulometría pozo 5.....	171
Tabla 101. Granulometría pozo 6.....	172
Tabla 102. Granulometría pozo 7.....	173
Tabla 103. Granulometría pozo 8.....	174
Tabla 104. Granulometría pozo 9.....	175
Tabla 105. Granulometría pozo 10.....	176
Tabla 106. Granulometría pozo 11.....	177
Tabla 107. Granulometría pozo 12.....	178
Tabla 108. Límites de Atterberg pozo 1 .....	179
Tabla 109. Límites de Atterberg pozo 2.....	180
Tabla 110. Límites de Atterberg pozo 3.....	181
Tabla 111. Límites de Atterberg pozo 4.....	182
Tabla 112. Límites de Atterberg pozo 5.....	183
Tabla 113. Límites de Atterberg pozo 6.....	184
Tabla 114. Límites de Atterberg pozo 7.....	185
Tabla 115. Límites de Atterberg pozo 8.....	186
Tabla 116. Límites de Atterberg pozo 9.....	187
Tabla 117. Límites de Atterberg pozo 10.....	188
Tabla 118. Límites de Atterberg pozo 11.....	189
Tabla 119. Límites de Atterberg pozo 12.....	190
Tabla 120. Gravedad específica pozo 1 .....	191
Tabla 121. Gravedad específica pozo 2 .....	192
Tabla 122. Gravedad específica pozo 3 .....	193
Tabla 123. Gravedad específica pozo 4 .....	194

Tabla 124. Gravedad específica pozo 5 .....	195
Tabla 125. Gravedad específica pozo 6 .....	196
Tabla 126. Gravedad específica pozo 7 .....	197
Tabla 127. Gravedad específica pozo 8 .....	198
Tabla 128. Gravedad específica pozo 9 .....	199
Tabla 129. Gravedad específica pozo 10 .....	200
Tabla 130. Gravedad específica pozo 11 .....	201
Tabla 131. Gravedad específica pozo 12 .....	202
Tabla 132. Proctor pozo 1 .....	203
Tabla 133. Proctor pozo 2 .....	204
Tabla 134. Proctor pozo 3 .....	205
Tabla 135. Proctor pozo 4 .....	206
Tabla 136. Proctor pozo 5 .....	207
Tabla 137. Proctor pozo 6 .....	208
Tabla 138. Proctor pozo 7 .....	209
Tabla 139. Proctor pozo 8 .....	210
Tabla 140. Proctor pozo 9 .....	211
Tabla 141. Proctor pozo 10 .....	212
Tabla 142. Proctor pozo 11 .....	213
Tabla 143. Proctor pozo 12 .....	214
Tabla 144. CBR pozo 1 .....	215
Tabla 145. CBR pozo 2 .....	217
Tabla 146. CBR pozo 3 .....	219
Tabla 147. CBR pozo 4 .....	221
Tabla 148. CBR pozo 5 .....	223
Tabla 149. CBR pozo 6 .....	225
Tabla 150. CBR pozo 7 .....	227
Tabla 151. CBR pozo 8 .....	229
Tabla 152. CBR pozo 9 .....	231
Tabla 153. CBR pozo 10 .....	233
Tabla 154. CBR pozo 11 .....	235

Tabla 155. CBR pozo 12.....	237
Tabla 156. TPDA .....	239
Tabla 157. Tabla nacional de pesos y dimensiones .....	240
Tabla 158. Tabla nacional de pesos y dimensiones combinada.....	241

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva Granulométrica .....	7
Figura 2. Diámetros referenciales .....	8
Figura 3. Límites de Atterberg .....	12
Figura 4. Curva de Flujo .....	13
Figura 5. Ábaco para determinación Índice de grupos .....	18
Figura 6. Tabla de plasticidad AASHTO .....	19
Figura 7. Carta de plasticidad SUCS.....	22
Figura 8. Curva de compactación Proctor.....	25
Figura 9. Diferentes tipos de curvas de Proctor .....	25
Figura 10. Curvas de penetración CBR para diversos suelos .....	26
Figura 11. Curva DCP.....	28
Figura 12. Diagrama de dispersión .....	31
Figura 13. Método de mínimos cuadrados.....	32
Figura 14. Estructura pavimento flexible.....	35
Figura 15. Ábaco para la estimación del coeficiente $a_1$ .....	43
Figura 16. Ábaco para la estimación del coeficiente $a_1$ .....	44
Figura 17. Ábaco para la estimación del coeficiente $a_1$ .....	44
Figura 18. Parroquias San Bartolomé de Pinillo y Constantino Fernández.....	49
Figura 19. Coordenadas pozos seleccionados.....	50
Figura 20. Limpieza capa vegetal .....	55
Figura 21. Ensayo Cono y Arena de Ottawa.....	55
Figura 22. Ensayo DCP.....	55
Figura 23. Calibración picnómetro .....	56
Figura 24. Colocando muestra de suelo en tamices. ....	56
Figura 25. Muestra de suelo en Copa de Casa Grande .....	56
Figura 26. Apisonando muestra de suelo .....	57
Figura 27. Enrasando muestra.....	57
Figura 28. Ensayo CBR.....	57
Figura 29. Rangos granulométricos de muestras ensayadas .....	67
Figura 30. Carta de plasticidad con muestras ensayadas .....	69
Figura 31. Suelos en las parroquias según AASHTO .....	70
Figura 32. Suelos en las parroquias según SUCS .....	71

Figura 33. Correlación LP vs. LL .....	80
Figura 34. Correlación Gw vs. $W_{nat}$ .....	81
Figura 35. Correlación Ga vs. $W_{nat}$ .....	82
Figura 36. Correlación $\gamma_d$ máx. vs. $W_{\acute{o}pt}$ .....	83
Figura 37. Correlación $\gamma_d$ máx. vs. LP - LL .....	84
Figura 38. Correlación $\gamma_d$ máx. vs. LL - $W_{nat}$ .....	85
Figura 39. Correlación $\gamma_d$ máx. vs. F - LL .....	86
Figura 40. Correlación $\gamma_d$ máx. vs. LP - $W_{nat}$ .....	87
Figura 41. Correlación $W_{\acute{o}pt}$ vs. LP - LL .....	88
Figura 42. Correlación $W_{\acute{o}pt}$ vs. LP - $W_{nat}$ .....	89
Figura 43. Correlación $\gamma_d$ in-situ vs. LP - LL .....	90
Figura 44. Correlación $\gamma_d$ in-situ vs. $W_{\acute{o}pt}$ - $\gamma_d$ máx. ....	91
Figura 45. Correlación DN vs. LP .....	92
Figura 46. Correlación DN vd. %Pasa #200 .....	93
Figura 47. Correlación LP vs. LL - DN .....	94
Figura 48. Correlación $\gamma_d$ in-situ vs. $W_{nat}$ - DN .....	95
Figura 49. Correlación $W_{\acute{o}pt}$ vs. $W_{nat}$ - DN .....	96
Figura 50. Correlación $\gamma_d$ máx. vs. $W_{nat}$ - DN .....	97
Figura 51. Correlación $CBR_{may}$ vs. $\gamma_d$ in-situ. ....	98
Figura 52. Correlación $CBR_{may}$ vs. DN .....	99
Figura 53. Correlación $CBR_{may}$ vs. $W_{\acute{o}pt}$ - DN .....	100
Figura 54. Correlación LP vs. LL - $CBR_{may}$ .....	101
Figura 55. Correlación $CBR_{may}$ vs. $\gamma_d$ máx. - $W_{\acute{o}pt}$ .....	102
Figura 56. Correlación $CBR_{May}$ vs. $\gamma_d$ máx - $\gamma_d$ in-situ. ....	103
Figura 57. Correlación $CBR_{May}$ vs. $W_{nat}$ - $\gamma_d$ in-situ.....	104
Figura 58. Nomograma para determinar coeficiente $a_1$ .....	113
Figura 59. Nomograma para determinar coeficiente $a_2$ .....	114
Figura 60. Nomograma para determinar coeficiente $a_3$ .....	115
Figura 61. Software diseño de pavimento flexible, W18 calculado .....	117
Figura 62. Software diseño de pavimento flexible W18 Impuesto .....	119
Figura 63. Software diseño de pavimento flexible CBR 20% .....	122
Figura 64. Software diseño de pavimento flexible CBR 20% .....	124
Figura 65. Significación o estimación de error .....	127

Figura 66. Selección Pozo.....	242
Figura 67. Calicata 1 m * 1m.....	242
Figura 68. Peso de Cono sin arena de Ottawa.....	243
Figura 69. Peso de Cono + arena de Ottawa.....	243
Figura 70. Caída libre martillo DCP.....	244
Figura 71. Puntos de penetración del DCP.....	244
Figura 72. Añadiendo agua en picnómetro.....	245
Figura 73. Peso picnómetro + suelo + agua.....	245
Figura 74. Tamizando muestra.....	246
Figura 75. Muestra retenida.....	246
Figura 76. Acanalando muestra.....	247
Figura 77. Muestra húmeda de LL.....	247
Figura 78. Tamizando muestra tamiz #40.....	248
Figura 79. Muestras de límite plástico.....	248
Figura 80. Tamizando muestra.....	249
Figura 81. Sacando contenido de humedad.....	249
Figura 82. Añadiendo contenido de humedad a muestra.....	250
Figura 83. Ensayo de cilindro.....	250

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**TEMA:** “CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS: CONSTANTINO FERNÁNDEZ Y PINLLO, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

**AUTOR:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

**TUTOR:** Ing. Favio Portilla

**RESUMEN EJECUTIVO**

El presente trabajo experimental pretende buscar correlaciones entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas de los suelos granulares pertenecientes a las parroquias San Bartolomé de Pinllo y Constantino Fernández.

Para iniciar con el proceso de recolección de muestras se seleccionó tres vías representativas de cada parroquia en estudio. Posteriormente, en cada vía se ubicó dos puntos en donde se iba a realizar los ensayos de campo y a su vez, la extracción de muestra de suelo para los respectivos ensayos en laboratorio. Para el estudio de suelos se tomaron un total de 12 muestras de aproximadamente 50 kg.

Una vez concluido con los ensayos de campo y laboratorio se procedió al análisis e interpretación de los resultados para clasificar e identificar el tipo de suelo. Para obtener las correlaciones se aplicó procesos estadísticos como análisis de regresión y correlación a través de la metodología de los mínimos cuadrados para determinar un coeficiente de correlación mayor a 50 por ciento para dar como válida la correlación entre las propiedades.

Finalmente se obtuvieron 25 correlaciones con un coeficiente de correlación  $R^2$  que oscila entre 55 por ciento a 95 por ciento. De esta manera se afirma que si es posible la obtención de una propiedad en base a otra propiedad del suelo.

## ABSTRACT

This experimental work aims to find correlations between the CBR and the index and mechanical properties of granular soils belonging to the parishes of San Bartolomé de Pinillo and Constantino Fernández.

To begin with the sample collection process, three representative roads of each parish under study were selected. Subsequently, in each route two points were located where the field tests were to be carried out and in turn, the extraction of soil sample for the respective laboratory tests. A total of 12 samples of approximately 50 kg were taken for the soil study.

Once the field and laboratory tests were completed, the results were analyzed and interpreted to classify and identify the type of soil. To obtain the correlations, statistical processes such as regression and correlation analysis were applied through the least squares methodology to determine a correlation coefficient greater than 50 percent to validate the correlation between the properties.

Finally, 25 correlations were obtained with a correlation coefficient  $R^2$  ranging from 55 percent to 95 percent. In this way it is affirmed that if it is possible to obtain a property based on another property of the land.

# CAPITULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

#### 1.1.1. Antecedentes

El suelo es el pilar de cualquier proyecto de Ingeniería Civil, por esta razón es indispensable realizar el estudio de sus propiedades. Sin embargo, obtener algunas propiedades como el CBR supone un problema por la complejidad y costos que representan los ensayos para encontrar dichas propiedades. Es así, que ante esta necesidad nacen las correlaciones entre las propiedades del suelo para simplificar el trabajo y presentar alternativas eficaces para optimizar tiempo y disminuir costos [1].

Una de las primeras investigaciones que se conoce fue realizada por Gawith y Perrin en 1962, correlacionando el CBR con la contracción lineal del suelo. Un año más tarde, Wermers, correlacionó el CBR con los límites de Atterberg siendo el límite líquido, límite plástico y índice plástico. Años más tarde, en 1989, Davel logró correlaciones con dos propiedades más, con la densidad máxima en seco (MDD) y contenido óptimo de humedad (OMC). Estas investigaciones fueron de gran importancia para poder tener información de referencia para los estudios de correlaciones a futuro [2].

En 2015, en la Universidad de Malasia, se realizó un estudio para encontrar correlaciones entre el CBR y propiedades índice, partiendo de correlaciones realizadas por el PROGRAMA COOPERATIVO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN DE CARRETERAS (NCHRP) situado en Estados Unidos, se realizaron correlaciones con la densidad seca máxima y el contenido de humedad óptimo obteniendo resultados alejados a los obtenidos por el programa estadounidense, ya que los valores del CBR obtenidos en Malasia eran muy inferiores a los valores que estaban como referencia de estudio [3].

En nuestro país, Pillajo y Portilla realizaron correlaciones con el ensayo de penetración dinámica de cono (DCP) para obtener los valores de CBR valiéndose de las demás propiedades índice del suelo. Su metodología fue aplicar leyes de regresión y el método de mínimos cuadrados. Los resultados obtenidos de la correlación con el DCP fueron bajas con un  $r$  promedio de 12%, mientras que las correlaciones altas fueron con el límite líquido, humedad óptima y densidad seca in-situ [4].

En 2018 en la ciudad de Bamenda, Camerún, se realizaron correlaciones utilizando dos metodologías, el primero siendo un análisis de regresión lineal simple, el segundo un análisis de regresión múltiple (MLRA) obteniendo coeficientes de determinación  $R^2$  mayores con el primer método de estudio [5].

En el mismo año, en Bangladesh se realizó la misma investigación utilizando el software SPSS 16.0, siendo un programa informático estadístico mediante el cual se obtuvieron coeficientes de determinación  $R$  con rangos entre 0.86 hasta 0.99 en lo que se refiere a la correlación entre el CBR y el límite plástico demostrando que existe una relación lineal muy alta, mientras que para la correlación con la densidad máxima seca fue desde 0.06 hasta 0.2 indicando una relación lineal baja [6].

### **1.1.2. Justificación**

Un estudio geotécnico es una exploración de campo e investigación de laboratorio que permite conocer las propiedades que posee el suelo. No obstante, la realización del estudio de suelos conlleva varios factores negativos. El primero es el tiempo que se necesita para llevar a cabo los ensayos, el segundo es el factor económico ya que el proceso de los estudios tiene costos representativos cuando se trata de grandes proyectos [7].

Uno de los principales problemas que se le presenta al ingeniero civil en el estudio de suelos es que sus propiedades son muy variables, ya sea dependiendo de la zona o inclusive de las condiciones en las que se encuentra. Por esta razón las correlaciones son una buena alternativa para poder obtener una propiedad del suelo a partir de otras, ya que gracias a investigaciones previas se ha logrado comprobar que una propiedad depende de otra, resultado de esta manera, la factibilidad para realizar esta investigación [8].

El C.B.R (California Bearing Ratio) permite determinar la capacidad soportante del suelo para evaluar la calidad de la subrasante, base y subbase de los pavimentos siendo este un parámetro indispensable en la justificación de cualquier proyecto. Sin embargo, para la obtención de estos valores se requiere obtener previamente propiedades como el contenido óptimo de humedad (OMC), la densidad máxima en seco (MDD), límite líquido (LL), entre otras, etc. Por lo que, determinar el CBR es un proceso lento y largo, es por ello que se pretende aplicar las correlaciones para dar solución a esta problemática [9].

Como se menciona anteriormente, existen numerosas investigaciones sobre correlaciones entre las propiedades del suelo realizadas alrededor de todo el mundo, principalmente en el continente Asiático. Los resultados de las correlaciones respaldaron la teoría que las propiedades del suelo dependen unas de otras, por ende,

al obtener los resultados de los coeficientes de correlación  $r$  se podía confirmar si existe o no una buena correlación entre las propiedades [10].

Por otra parte, en nuestro país, en ciudades como Cuenca y Quito también existen investigaciones realizadas sobre las correlaciones. No obstante, como se mencionó anteriormente las propiedades del suelo son muy variables según la zona en la que se encuentren, por esta razón, no se puede asegurar que las correlaciones propuestas en una región vayan a servir en otra, viendo así la necesidad de realizar el estudio en el cantón Ambato [4].

Con estos antecedentes el fin de la presente investigación es obtener las correlaciones entre el CBR de laboratorio y las propiedades índice y mecánicas de los suelos granulares de las parroquias Pinllo y Constantino Fernández. Con esto se complementa el estudio macro de las propiedades de los suelos de las parroquias rurales del cantón Ambato, y que de esta manera la obtención del CBR sea más rápida y a un costo moderado, ya que este valor es uno de los principales factores en el diseño de un pavimento flexible.

### **1.1.3. Fundamentación Teórica**

#### **1.1.3.1. Definición y características de los suelos**

El suelo es el material de construcción que más abunda en el mundo, conforma la mayor parte de la superficie terrestre y nace por el proceso de erosión que sufren las rocas, convirtiéndose en una mezcla de minerales, material orgánico, bacterias, aire y agua. Las propiedades del suelo dependen directamente de los cambios de humedad y densidad [11].

#### **1.1.3.2. Clasificación general de los suelos**

Debido a la gran variedad de tipos de suelos que se obtienen de la naturaleza, es necesario clasificarlos en grupos en los cuales tengan características semejantes para estimar de mejor manera las propiedades del suelo [12].

#### **Suelos granulares o no cohesivos**

Suelos formados por partículas gruesas y que no tienen cohesión por tener partículas grandes. Tienen elevada permeabilidad, en este grupo se encuentran las arenas y gravas [12].

- **Gravas:** fragmentos de roca con tamaño mayor a 2 mm de diámetro.
- **Arenas:** son partículas que su tamaño varía desde 2 mm hasta los 0.05 mm de diámetro.

#### **Suelos finos o cohesivos**

Son suelos que al entrar en contacto con el agua sin llegar al punto de saturarse aumentan su resistencia del suelo a esfuerzos de corte. En este grupo se encuentran los limos y las arcillas [12].

- **Limos:** son partículas que su diámetro está entre 0.05 mm y 0.005 mm, su color característico varía de gris oscuro a gris claro. Son suelos poco permeables y con la compresibilidad muy alta
- **Arcillas:** son partículas sólidas con diámetros menores a 0.005 mm. Tienen la capacidad de volverse plásticos al combinarse con agua.

### **1.1.3.3. Propiedades Índice**

Las propiedades de un suelo permiten comprender cada una de las características independientes que tiene el suelo, de esta forma se conoce los rangos de cada una de sus propiedades y a su vez, saber el comportamiento que va a tener dependiendo la zona y las condiciones en las que se encuentre. Además de ello, las propiedades permiten clasificar y agrupar el suelo [11].

#### **1.1.3.3.1. Contenido de Humedad**

En una obra de construcción, la resistencia y el comportamiento del suelo depende directamente de la cantidad de agua que contenga, por ende, esta propiedad es muy importante para iniciar un proyecto. Además, su obtención no presenta ninguna dificultad al tratarse de un ensayo de laboratorio muy sencillo [13].

El contenido de humedad permite determinar la cantidad de agua que existe en una cierta porción de suelo en relación con su peso en seco, se expresa en porcentaje. Si el ensayo se realizó en un suelo directamente extraído del terreno, se conoce como humedad natural [13]. Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$w = \frac{W_w}{W_s} * 100\%$$

Donde:

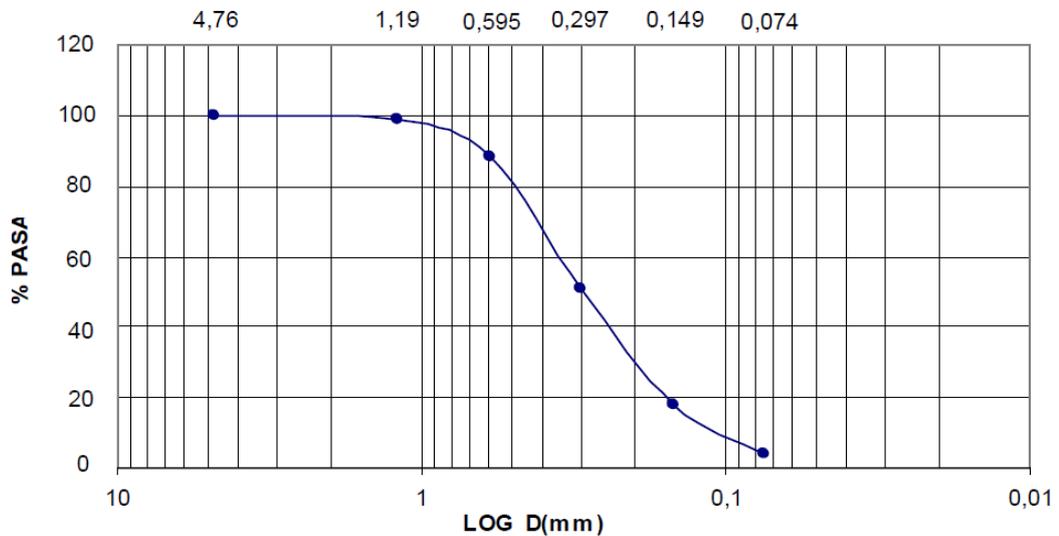
- $w$  = Contenido de humedad (%)
- $W_w$  = Peso del agua presente en la masa del suelo (g)
- $W_s$  = Peso de los sólidos en el suelo (g)

Los rangos de contenido de humedad más comunes para gravas y suelos arenosos están entre 15 a 20%. Para suelos con limo y arcilla van desde 50 a 80%, mientras que para suelos orgánicos y turbas pueden llegar a alcanzar 500% [4].

### 1.1.3.3.2. Granulometría

La granulometría de un suelo establece una distribución en diferentes fracciones que van a depender del tamaño de las partículas de la muestra de suelo. Las distribuciones normalmente están expresadas en porcentajes en relación con el peso total del material [14].

Para el procesamiento de información el análisis granulométrico se presenta en forma de curva, de esta forma se puede representar y distinguir de mejor manera la distribución de las partículas del suelo analizado. Como hay gran diferencia de tamaños de partículas es necesario utilizar una escala logarítmica. En el eje de las ordenadas usando una escala natural, se coloca el porcentaje que pasa, mientras que en el eje de las abscisas van los tamaños de los tamices en una escala logarítmica. La curva granulométrica se dibuja de izquierda hacia derecha [13].



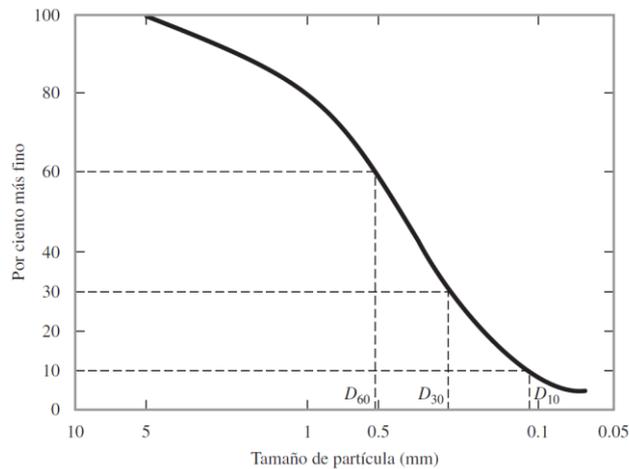
**Figura 1.** Curva Granulométrica

**Fuente:** Geotecnia I, Calla J.

Cuando en la curva granulométrica se observa una curva con una pendiente muy pronunciada significa que el suelo no tiene una buena distribución de sus partículas, por el contrario, si se presenta una curva moderada el suelo tiene una buena distribución [13].

A partir de la curva granulométrica se puede determinar tres diámetros característicos tales como:

1.  $D_{10}$  = también conocido como diámetro efectivo, es el tamaño de la partícula expresado en mm correspondiente al 10% de la muestra que pasa dicho diámetro [11].
2.  $D_{30}$  = es el tamaño de la partícula expresado en mm correspondiente al 30% de la muestra que pasa dicho diámetro [11].
3.  $D_{60}$  = es el tamaño de la partícula expresado en mm correspondiente al 60% de la muestra que pasa dicho diámetro [11].



**Figura 2.** Diámetros referenciales

**Fuente:** Fundamentos de ingeniería geotécnica, Braja M. Das

Una vez obtenido los diámetros característicos se puede determinar dos parámetros fundamentales para clasificar granularmente el suelo:

➤ **Coefficiente de uniformidad (CU)**

El coeficiente de uniformidad se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

A través de este coeficiente se verifica la variación del tamaño de las partículas, nos indica si el suelo es gradado o no gradado. Si  $Cu < 5$  el suelo posee granulometría uniforme, si  $Cu$  esta entre 5 – 20 es poco uniforme, y si  $Cu > 20$  es un suelo bien

graduado. Mientras más uniforme es la granulometría, más uniforme el tamaño de sus huecos y por ende alcanzara menores densidades por lo que es un suelo que se erosiona con facilidad [15].

➤ **Coefficiente de curvatura (CC)**

El coeficiente de uniformidad se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}}$$

Si la relación tiene rangos entre 1 – 3 significa que el suelo bien graduados. Sin embargo, si esta fuera del rango es un suelo al graduado [12].

**1.1.3.3.3. Relación de vacíos (e)**

La relación de vacíos también es conocida como índice de poros, siendo la relación entre el volumen de los vacíos y el volumen de los sólidos de un suelo [14].

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

Donde:

- e = Relación de vacíos.
- V<sub>v</sub> = Volumen de vacíos.
- V<sub>s</sub> = Volumen de los sólidos.

Los rangos para la relación de vacíos son  $0 < e < \alpha$ , los valores cercanos a 0 son para suelos muy compactos, mientras que a medida que va aumentando su valor el suelo es muy suelto. Para arenas muy densas y de partículas pequeñas pueden presentarse valores a partir de 0,25, mientras que para arcillas compresibles el valor de 15. Los rangos para una arena bien gradada están entre 0,43 – 0,67 [12].

**1.1.3.3.4. Porosidad (η)**

La porosidad es la probabilidad de encontrar vacíos en el volumen de una muestra de suelo. Se define como la relación que existe entre el volumen de vacíos con el volumen de su masa, esta expresado en porcentaje y va de 0 a 100% [14]. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{V_v}{V_m} * 100\%$$

Donde:

- $\eta$  = Porosidad
- $V_v$  = Volumen de vacíos
- $V_m$  = Volumen de la masa de suelo

Un suelo está bien compacto cuando el porcentaje es cercano a 0, mientras que más cercano a 100 significa que es un suelo vacío o muy poroso por lo tanto es muy compresible [11]. Los valores más comunes oscilan entre 20% - 95%, los suelos cohesivos pueden alcanzar hasta un 95% [16].

**Tabla 1.** Valores típicos de porosidad del suelo

<b>Tipo de suelo</b>	<b>Porosidad (<math>\eta</math>)</b>
Arena limpia y uniforme	29 – 50
Arena limosa	23 – 47
Arena micácea	29 – 55
Limo inorgánico	29 – 52
Arena limosa y grava	12 – 46
Arena fina a gruesa	17 – 49

**Fuente:** Mecánica de los suelos, MS Lambe

#### 1.1.3.3.5. Grado de saturación del agua ( $G_w\%$ )

Es la probabilidad de presencia de agua en los vacíos del suelo. Se define como la relación entre el volumen de agua con el volumen de vacíos [14]. Se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$G_w = \frac{V_w}{V_v} * 100\%$$

Donde:

- $G_w$  = Grado de saturación del agua.

- $V_w$  = Volumen del agua.
- $V_v$  = Volumen de vacíos.

Esta expresado en porcentaje, y va desde 0 hasta el 100%. Suelos secos son los que están próximos al 0%, a medida que va aumentando el porcentaje el suelo va a estar más saturado [13].

#### **1.1.3.3.6. Grado de saturación del aire ( $G_a\%$ )**

Es la probabilidad de presencia de aire en los vacíos del suelo. Se define como la relación del volumen de aire entre el volumen de vacíos [15]. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$G_a = \frac{V_a}{V_v} * 100\%$$

Donde:

- $G_a$  = Grado de saturación del aire.
- $V_a$  = Volumen del aire.
- $V_v$  = Volumen de vacíos.

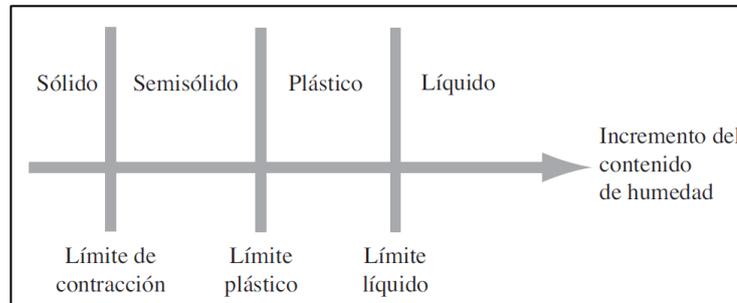
Esta expresado en porcentaje, y va desde 0 hasta 100%. Suelos compactos y sin aire son los que están próximos al 0%, a medida que va aumentando el porcentaje el suelo va a tener más presencia de aire [14].

#### **1.1.3.3.7. Límites de Atterberg**

Los límites de consistencia también son conocidos como los límites de Atterberg, haciendo tributo al científico que realizo la investigación en 1911. La consistencia de un suelo hace referencia a la facilidad con la que se puede deformar, de esta forma mediante la ayuda de los límites de consistencia se puede clasificar el suelo. Para determinar dichos limites es necesario que las muestras de suelo sean menores al tamiz #40 (0.42 mm.) [17]. Según la cantidad de agua presente en el suelo, existen los siguientes estados:

- Estado Líquido: en el estado líquido cualquier ligero esfuerzo hace fluir al suelo por lo que se dice que en este estado la resistencia al corte es nula.

- Estado Plástico: en esta condición, el suelo se puede deformar y moldear sin agrietamiento.
- Estado Semisólido: el suelo aparenta ser un sólido, pero todavía presenta contracción volumétrica al ser sometido al calor.
- Estado Sólido: en el suelo no existe presencia de agua, y no presenta contracción volumétrica al ser sometido al calor [18].



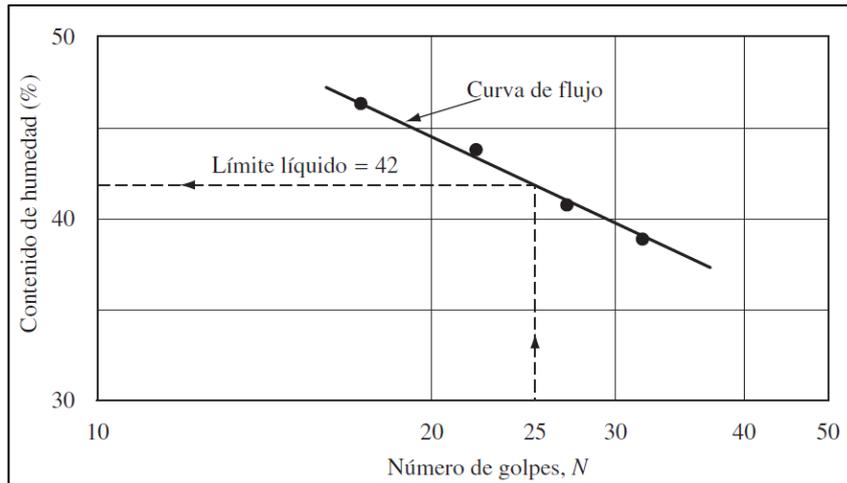
**Figura 3.** Límites de Atterberg

**Fuente:** Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das

### Límite Líquido

El límite líquido (LL) representa el rango máximo de contenido de humedad que el suelo puede tener antes de pasar de plástico a líquido. El límite líquido se encuentra mediante el método de la Copa de Casagrande, a través de este ensayo se permite graficar la curva de flujo [18].

La curva de flujo se representa en base a la relación entre el contenido de humedad y el número de golpes, el número de golpes se grafica en una escala logarítmica, mientras que para el contenido de humedad en una escala natural. Los puntos del ensayo se unen mediante una línea recta. Se considera como límite líquido del suelo a la intersección de la curva de escurrimiento con la ordenada de 25 golpes [18].



**Figura 4.** Curva de Flujo

**Fuente:** Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das

La línea de escurrimiento permite definir la resistencia al corte que posee el suelo. Para que el suelo tenga alta resistencia, la pendiente debe ser pronunciada; mientras que, si la pendiente es mínima, la resistencia al corte va a ser baja [18].

Se estableció que los suelos con  $LL > 50$  son de alta plasticidad, y por debajo de ese valor son de baja plasticidad. Para suelos como la arena este ensayo no es significativo por tener límites líquidos bajos o nulos [15].

### Límite Plástico

Es el límite de contenido de humedad que puede tener una muestra para pasar de estado semisólido a plástico [4]. En este límite se da los cambios de capacidad para soportar cargas, con un contenido de humedad por debajo del límite plástico la capacidad aumenta, mientras que si se sobrepasa el límite plástico la capacidad disminuirá rápidamente [16].

Para suelos que no se puede determinar el límite plástico se los considera suelos no plásticos (NP) [19].

## Índice Plástico

Es un valor que se obtiene de la diferencia entre el límite líquido y límite plástico, representa el rango de contenido de humedad que un suelo puede tener antes de pasar del estado plástico al estado líquido [11].

$$IP = LL - LP$$

Donde:

- IP = índice plástico
- LL = límite líquido
- LP = límite plástico

Si un suelo tiene un índice de plasticidad alto son altamente compresibles. Así mismo, el índice de plasticidad se toma como una medida de cohesión, a mayor índice mayor grado de cohesión [4].

## Índice de Liquidez (IL)

Es el cociente entre la diferencia de contenido de humedad natural con el límite plástico y el índice de plasticidad, es un valor adimensional [4]. Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$IL = \frac{W_{nat} - LP}{IP}$$

Donde:

- IL = índice de liquidez
- $W_{nat}$  = contenido de humedad natural
- LP = límite plástico
- IP = índice plasticidad

Los valores que se obtienen son:

$IL > 1$ ; suelos en estado líquido, resistencia nula al corte

$IL = 1$ ; humedad natural igual al límite líquido, resistencia al corte muy baja ( $25 \text{ g/cm}^2$ )

$0 < IL < 1$ ; suelos en estado plástico, si presenta resistencia al corte

$IL < 0$ ; suelos semisólidos o sólidos, presentan alta resistencia al corte [19].

### 1.1.3.3.8. Gravedad Específica

La gravedad específica depende de la composición mineralógica de las partículas que constituyen el suelo, se define como la relación entre la densidad de los sólidos con respecto a la densidad del agua [12].

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

Donde:

- $G_s$  = Gravedad específica.
- $\gamma_s$  = Densidad sumergida de la muestra
- $\gamma_w$  = Densidad sumergida de la muestra

En la siguiente tabla se puede ver valores típicos de gravedad específica.

**Tabla 2.** Valores típicos de Gravedad Específica

Tipo de Suelo		Gravedad específica (G)
Inorgánico	Grava	2,65
	Arena gruesa a media	2,65
	Arena fina (limosa)	2,65
	Loess, polvo de piedra y limo arenoso	2,67
Inorgánico	Arena algo arenosa	2,65
	Limo arenoso	2,66
	Limo	2,67 – 2,70
	Arena arcillosa	2,67
	Limo arcillo arenoso	2,67
	Arcilla arenosa	2,70
	Arcilla limosa	2,75
	Arcilla	2,72 – 2,80
Orgánico	Limos con trazos de materia orgánica	2,30
	Lodos aluviales orgánicos	2,13 – 2,60
	Turba	1,50 – 2,15

**Fuente:** Djoenaidi (1985), Apud Bardet (1997)

### 1.1.3.3.9. Densidad de Campo

La densidad de campo es un ensayo que se realiza in -situ para obtener el peso unitario del suelo seco, para lo cual se aplica el Método del Cono y Arena de Ottawa. Para obtener el peso unitario seco del suelo primero se debe calcular la densidad húmeda del suelo [13].

$$\gamma_{Hum} = \frac{\text{Peso del suelo húmedo}}{\text{Volumen del hueco}}$$

$$\gamma_{seca} = \frac{\gamma_{Hum}}{1 + w}$$

Donde:

- $\gamma_{hum}$  = Densidad húmeda del suelo ( $\text{g/cm}^3$ )
- $\gamma_{seca}$  = Densidad seca del suelo ( $\text{g/cm}^3$ )
- $w$  = Contenido de humedad

**Tabla 3.** Rangos típicos de Densidad seca del suelo

Tipo de suelo	$\gamma_{seca}$ ( $\text{g/cm}^3$ )
Arena (limpia y uniforme)	1,330 – 1,890
Arena (limosa)	1,390 – 2,030
Arena (micácea)	1,220 – 1,920
Limo inorgánico	1,280 – 1,890
Arena (limosa y grava)	1,420 – 2,340
Arena (fina a gruesa)	1,360 – 2,210

**Fuente:** Mecánica de los suelos, MS Lambe

#### **1.1.3.4. Clasificación de los suelos según AASHTO**

Este sistema fue creado en 1929 denominado Sistema de Clasificación de Administración de Carreteras. Este método está destinado para clasificar suelos que van a ser empleados en el diseño vial, ya sea para construcción de subrasantes de carreteras o pavimentos [16].

Para la división del suelo en subgrupos el sistema se basa en el análisis granulométrico, límite líquido e índice de plástico. Este sistema de clasificación toma en cuenta los siguientes criterios:

##### **➤ Tamaño de las partículas**

Para esta clasificación este sistema únicamente utiliza tres tamices (#10, #40, #200). Para gravas es la fracción que se queda retenido en el tamiz #10, para arena es la fracción que se queda en el tamiz #40 y finalmente para limos y arcillas es la fracción que pasa el tamiz #200 [13].

##### **➤ Plasticidad**

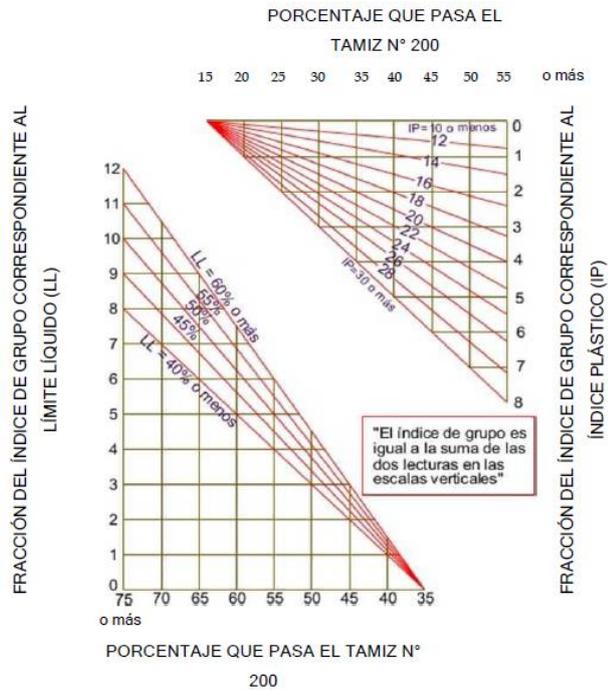
Para decir que un suelo es limoso, su índice de plasticidad debe ser menor o igual a 10, mientras que para que sea arcilloso debe ser mayor o igual a 11.

Además de los criterios mencionados, para evaluar la calidad del suelo como material de subrasante este sistema utiliza un índice de grupo para comparar diferentes suelos dentro de un mismo grupo, el índice de grupo es un parámetro que está en el rango de 0 a 20. Los primeros corresponden a suelos con una subrasante de excelente a buena calidad, mientras que para los últimos suelos la calidad de la subrasante va de regular a mala. Para calcular el índice de grupo (IG) existen dos métodos [16].

##### **➤ Primer método**

Para este método se usa el siguiente ábaco en donde existe dos gráficas. En la gráfica superior e inferior se busca un parámetro en el eje de las ordenadas, por lo tanto, se relaciona en la abscisa el porcentaje que pasa el tamiz #200 con las líneas rojas diagonales que representan al límite líquido, la gráfica superior de igual manera en las abscisas representa al porcentaje que pasa el tamiz #200 con las líneas rojas diagonales

que representan al índice de plasticidad. Finalmente, para llegar a determinar el índice de grupo de grupo se deben sumar los valores obtenidos en las dos ordenadas [13], [18].



**Figura 5.** Ábaco para determinación Índice de grupos

**Fuente:** Manual de laboratorios, Joseph Bowles

➤ Segundo método

Se determina el índice de grupo mediante la aplicación de la siguiente ecuación en la que intervienen el porcentaje que pasa tamiz #200, límite líquido y índice de plasticidad [16].

$$I.G. = (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(PI - 10)$$

Donde:

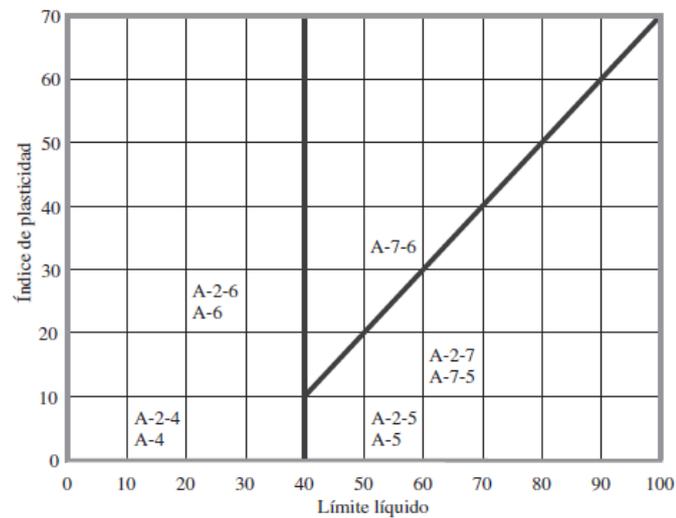
- F = % pasado por el tamiz # 200
- LL = Límite líquido
- PI = Índice de plasticidad

Criterios para tomar en cuenta según los resultados:

- ✓ Si la ecuación da un resultado negativo para el índice de grupo se toma el valor de 0.
- ✓ El índice de grupo se redondea al entero más próximo.

Mientras mayor sea el índice, el suelo no es recomendable para su uso en el diseño vial.

La siguiente gráfica permite conocer los rangos del límite líquido y del índice de plasticidad para suelos que pertenecen a los grupos A-2, A-4, A-5, A-6 y A-7 [16].



**Figura 6.** Tabla de plasticidad AASHTO

**Fuente:** Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das

**Tabla 4.** Sistema de clasificación de suelos AASHTO

CLASIFICACIÓN GENERAL	Materiales granulares (35% o menos pasa el tamiz N°200)							Materiales Limo - Arcillosos (Más de 35% pasa el tamiz N°200)				
	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7	
SUB - GRUPOS	A - 1a	A - 1b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				A - 7 - 5	A - 7 - 6
% que pasa el tamiz N° 10 (2mm)	50 máx.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N° 40 (0.425mm)	30 máx.	50 máx.	51 máx.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N° 200 (0.0075mm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Características del material que pasa el tamiz N° 40												
Límite Líquido	-		N. P	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 min.	41 min.
Índice de Plasticidad	6 máx.	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min. IP≤LL-30; LP<30	11 min. IP>LL-30; LP≥30
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.	20 máx.
Tipos de Material	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos		
Calidad (Subrasante)	Excelente a buena							Regular a mala				

**Fuente:** Bowles, 1982

### 1.1.3.5. Clasificación de los suelos según SUCS

Casagrande fue el promotor de este método de clasificación propuesto en 1948, mediante el cual clasifica al suelo en tres grupos basándose en la determinación de la composición granulométrica y la plasticidad del suelo [13]. Según este sistema, el suelo se puede clasificar en tres grupos:

- **Suelos granulares o grano grueso (SGG):** compuesto por gravas y arenas con un contenido de finos menor a 50%, son suelos con tamaño mayor a 0.074 mm [4].
- **Suelos de grano fino (SGF):** compuesto por limo y arcillas con un contenido de finos mayor a 50%, son suelos con tamaño menor a 0.074 mm. En este grupo a las arcillas se les conoce como suelos cohesivos mientras que a los limos como suelos no cohesivos [4].
- **Suelos orgánicos:** están formados por materia orgánica en estado de descomposición. Representados con las siglas Pt (Turbas) [4].

Para los suelos granulares se representan con los siguientes símbolos:

**Tabla 5.** Prefijos suelos granulares SUCS.

<b>PREFIJO</b>	<b>TIPO DE SUELO</b>	<b>CRITERIO DE CLASIFICACIÓN</b>
G	Grava	El 50% o más es retenido en el tamiz #4.
S	Arena	Mas del 50% pasa el tamiz #4.

**Fuente:** Mecánica de suelos, Duque G; Escobar C.

**Tabla 6.** Sufijos suelos granulares SUCS.

<b>SUFIJO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CRITERIO DE CLASIFICACIÓN</b>
W	Bien gradado	Depende del Cu y Cc
P	Mal gradado	
M	Limoso	Depende de WL y el IP
C	Arcilloso	

**Fuente:** Mecánica de suelos, Duque G; Escobar C.

Para los suelos finos se representan con los siguientes símbolos:

**Tabla 7.** Prefijos suelos finos SUCS.

PREFIJOS	TIPO DE SUELO	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN
M	Limo	Mas del 50% pasa el tamiz # 200.
C	Arcilla	
O	Orgánico	

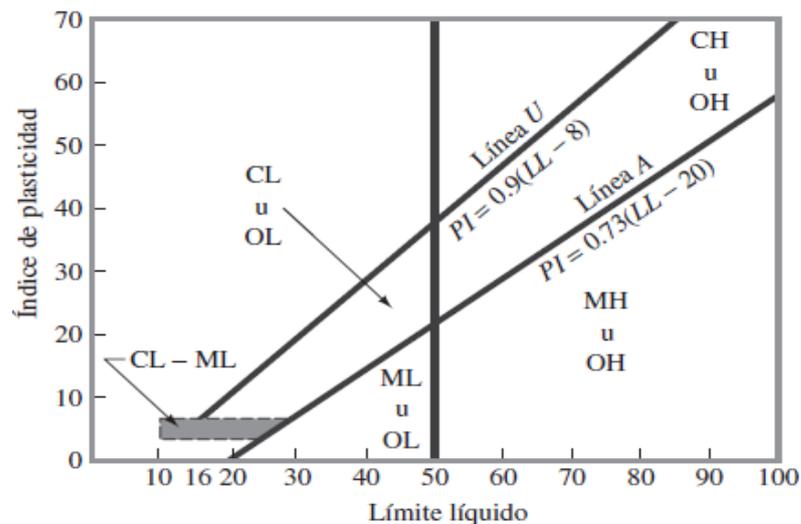
**Fuente:** Mecánica de suelos, Duque G; Escobar C.

**Tabla 8.** Sufijos suelos finos SUCS.

SUFIJO	DESCRIPCIÓN	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN
L	Baja plasticidad ( $WL < 50\%$ )	En la carta de plasticidad separados por la línea B
H	Alta plasticidad ( $WL > 50\%$ )	

**Fuente:** Mecánica de suelos, Duque G; Escobar C.

Además de ello, la SUCS cuenta con un sistema de clasificación basado en los límites de Atterberg, se muestra en la siguiente carta de plasticidad. Sobre la línea A se sitúan las arcillas inorgánicas, mientras que debajo de la línea A se encuentran los limos y arcillas orgánicas. La línea vertical separa un material de alta plasticidad con uno de baja plasticidad [16].



**Figura 7.** Carta de plasticidad SUCS

**Fuente:** Fundamentos de ingeniería geotécnica, Braja M. Das

**Tabla 9.** Sistema de clasificación de suelos SUCS

DIVISIONES PRINCIPALES		SIMBOLOS DE GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO		
<b>SUELOS DE GRANO GRUESO</b> (más de 50% del material retenido en tamiz #200)	<b>GRAVAS</b> (más de 50% de fracción gruesa RETENIDA en el tamiz #4)	<b>Gravas limpias</b> (sin o con pocos finos)	GW	Gravas bien graduadas	Según el % que pase tamiz #200 < 5% » GW, GP, SW, SP > 12% » GM, GC, SM, SC 5 - 12% es necesario usar doble símbolo	$Cu = D_{60}/D_{10} > 4$ $Cc = (D_{30})^2/D_{10} \cdot D_{60} \quad 1 < Cc < 3$
			GP	Gravas mal graduadas		No cumple requisitos de gradación para GW
		<b>Gravas con finos</b> (apreciable cantidad de finos)	GM	Gravas limosas		Doble símbolo para $4 < IP < 7$
			GC	Gravas arcillosas		
	<b>ARENAS</b> (más de 50% de fracción gruesa PASA el tamiz #4)	<b>Arenas limpias</b> (pocos o sin finos)	SW	Arenas bien graduadas		$Cu = D_{60}/D_{10} > 4$ $Cc = (D_{30})^2/D_{10} \cdot D_{60} \quad 1 < Cc < 3$
			SP	Arenas mal graduadas		No cumple requisitos de gradación para SW
		<b>Arenas con finos</b> (apreciable cantidad de finos)	SM	Arenas limosas		Doble símbolo para $4 < IP < 7$
			SC	Arenas arcillosas		
<b>SUELOS DE GRANO FINO</b> (más de 50% pasa tamiz #200)	<b>LIMOS Y ARCILLAS</b> LL < 50		ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas		
			CL	Arcillas inorgánicas		
			OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas		
	<b>LIMOS Y ARCILLAS</b> LL > 50		MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos		
			CH	Arcillas inorgánicas		
			OH	Arcillas orgánicas		
<b>SUELOS MUY ORGÁNICOS</b>		PT	Turbas			

**Fuente:** Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das

### 1.1.3.6. Propiedades Mecánicas

Las propiedades mecánicas permiten determinar el peso unitario del suelo. Al peso unitario del suelo también se le conoce como densidad seca, misma que se logra mejorar al eliminar espacios intergranulares que tiene el suelo a través de técnicas mecánicas como la compactación que no es más que el proceso mediante el cual se mejora la resistencia, esfuerzo – deformación del suelo [20].

#### 1.1.3.6.1. Proctor Modificado

Ralph R. Proctor estableció un método de compactación en el cual consistía en aplicar energía dinámica que ayude a compactar el suelo para incrementar las propiedades del suelo. La metodología del ensayo consiste en colocar diferentes capas de suelo en un cilindro metálico e ir golpeando con un número determinado de golpes para llegar a determinar la humedad óptima y densidad seca máxima del suelo teniendo una energía de compactación constante [21].

Para obtener valores diferentes de la densidad húmeda del suelo es necesario aplicar la energía de compactación al mismo suelo con distintos valores de humedad, una vez se obtienen estos valores de densidad húmeda se puede calcular la densidad seca [16].

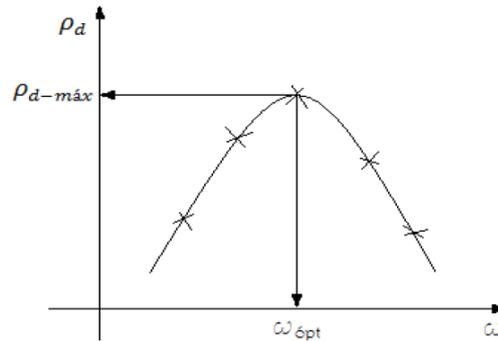
$$\rho_f = \frac{\rho_d}{1 + w}$$

Donde:

$$w = \frac{m_w}{m_s} \quad \rho_f = \frac{m}{v} \quad \rho_d = \frac{m_s}{v}$$

- $\rho_d$  = Densidad seca del suelo
- $\rho_f$  = Densidad húmeda del suelo
- $w$  = Humedad
- $m_w$  = Masa de agua
- $m_s$  = Masa de sólidos
- $m$  = Masa del suelo (agua + sólidos)
- $v$  = Volumen del molde

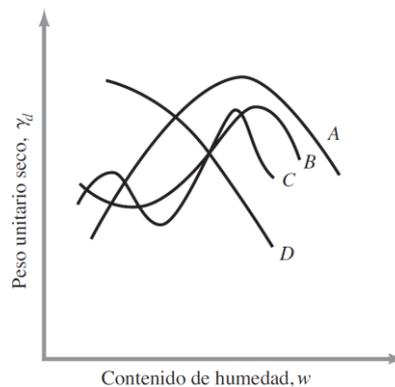
Cuando ya se tienen los valores de humedad y densidad seca se representa los datos mediante una gráfica llamada “Curva de compactación Proctor”. La gráfica consiste en la densidad seca del suelo vs. contenido de humedad [19].



**Figura 8.** Curva de compactación Proctor

**Fuente:** Compactación de suelos, Armas Novoa, 2016

En la gráfica se observa que mientras se incrementa la humedad las densidades secas se van incrementando, lo que significa que las partículas de suelo se van acomodando hasta llegar a un valor máximo. En ese momento al incrementar humedad no permite que las partículas se unan debido a que el agua está ocupando esos espacios. Una vez se llega a esta condición la energía de compactación es absorbida por el agua de los poros disminuyendo la densidad seca [16].



**Figura 9.** Diferentes tipos de curvas de Proctor

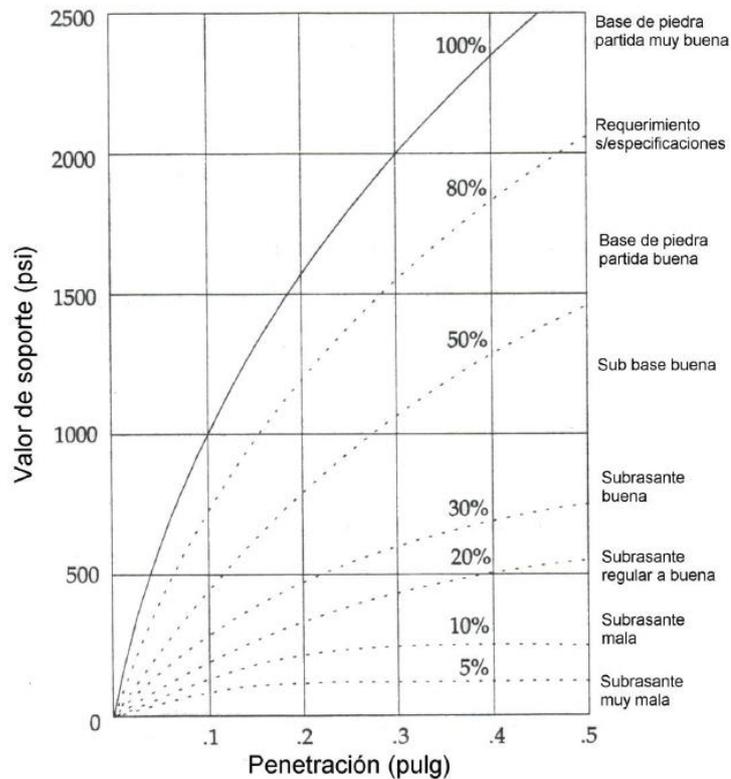
**Fuente:** Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das

En la gráfica se observa varios tipos de curvas de proctor. Para la curva A es típica de suelos con límite líquido entre 30 – 70 %, para la curva B con límite líquido menor a 30 % y para las curvas C y D el límite líquido es superior a 70 % [16].

### 1.1.3.6.2. CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)

El C.B.R es la abreviatura de Relación de Soporte de California, haciendo mención del lugar en donde se llevó a cabo la investigación realizada por los ingenieros T.E. Stanton y O.J. Porter en 1929. Sin embargo, el ensayo fue aceptado en 1964 por la ASTM (American Standard for Testing and Materials)[22].

El valor de CBR se obtiene a través de la relación de carga unitaria ( $\text{lb/pulg}^2$ ) que corresponde a 0.1" ó 2" de penetración que se logra con el pistón con un área de  $19.4 \text{ cm}^2$ , se expresa en porcentaje del valor respectivo obtenido para una muestra estándar. Este parámetro del CBR permite conocer el comportamiento esfuerzo-deformación del material pétreo bajo condiciones controladas de humedad y compactación para llegar a determinar la resistencia de materiales de subrasante, subbase y base para diseñar pavimentos [13].



**Figura 10.** Curvas de penetración CBR para diversos suelos

**Fuente:** Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

El valor del CBR se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\%CBR = \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{\text{Carga unitaria patrón}} * 100$$

La ASTM propone valores de carga unitaria que sirvan de referencia.

**Tabla 10.** Valores de penetración y carga unitaria patrón

Penetración (pulg)	Carga Unitaria patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga Unitaria patrón (MPa)
0.1	1000	6.9
0.2	1500	10.3
0.3	1900	13
0.4	2300	16
0.5	2600	18

**Fuente:** Manual de Laboratorio de suelos, Bowles (1981)

La principal finalidad del CBR es determinar el comportamiento del suelo para ser utilizado en el diseño de un pavimento como subrasante o base. La siguiente tabla presenta valores de calificación típicas de un CBR [20].

**Tabla 11.** Clasificación de CBR

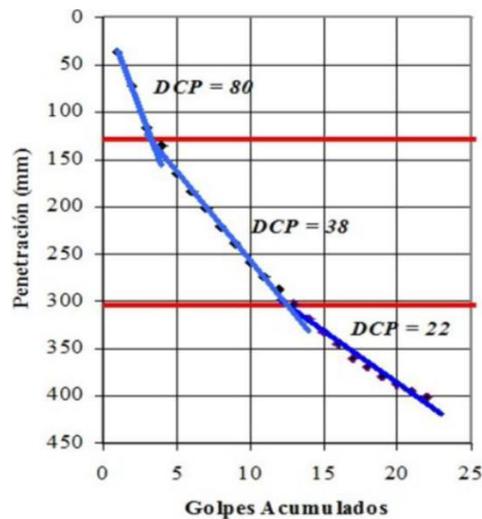
No CBR	Clasificación General	Usos	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN	
			SUCS	AASHTO
0 – 3	Muy pobre	Subrasante	OH, CH, MH, OL	A-5, A-6, A-7
3 – 7	Pobre a regular	Subrasante	OH, CH, MH, OL	A-4, A-5, A-6, A-7
7 – 20	Regular	Sub base	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A-2, A-4, A-6, A-7
20 - 50	Bueno	Base, sub base	CM, GC, SW, SM, SP, GP	A-1-b, A-2-5, A-3, A-2-6
>50	Excelente	Base	GW, GM	A-1-a, A-2-4, A-3

**Fuente:** Manual de laboratorio de suelos, J. Bowles

### 1.1.3.6.3. Cono de Penetración Dinámico (DCP)

Es un ensayo creado por A.J. Scala en 1956, mediante el cual se obtiene la resistencia in situ de suelos sin alterar y/o materiales que estén compactados. A través del ensayo se puede determinar el espesor de las capas, así como también su resistencia al corte y demás propiedades que conforman las capas [23].

El ensayo está destinado para ser aplicado en suelos de grano fino y grueso, no obstante, no se aplica para suelos bien compactados o materiales granulares con altos porcentajes de agregado pétreo con partículas mayor a 2" [23][18].



**Figura 11.** Curva DCP

**Fuente:** El Cono Dinámico de Penetración y su aplicación en suelos, Vizcaya, 2006

La gráfica refleja un ensayo típico de DCP de un suelo, en la curva se observa un cambio de pendiente, mientras más pronunciada sea significa que la resistencia del suelo es menor. Es un ensayo que permite obtener resultados al instante, se rige bajo a norma ASTM D 6951-03 [18].

Los valores se miden en mm/golpe a medida que va penetrando la varilla según el número de golpes que se vaya aplicando. Dependiendo la resistencia del suelo los golpes y penetración van a variar; para suelos resistentes después de 10 impactos, para suelos normales 5 impactos y para suelos suaves después de 1 [23].

### 1.1.3.7. Conceptos generales de Estadística

Los términos que se explican a continuación son parámetros importantes para realizar una regresión.

- **Media aritmética:** La media aritmética es el promedio de una muestra [24]. Se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Donde:

- $\bar{x}$  = media aritmética
- $\sum x_i$  = sumatoria de los datos en estudio
- $n$  = total de datos

- **Varianzas:** La varianza es la media aritmética de los cuadrados de las diferencias entre valores que adopta la variable y su media aritmética [24]. Se obtiene con la siguiente ecuación:

$$S^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}$$

Donde:

- $S^2$  = varianza
- $\sum x_i$  = sumatoria de los datos en estudio
- $\bar{x}$  = media aritmética
- $n$  = total de datos

- **Desviación típica:** Se define como desviación típica a la raíz cuadrada de la varianza, siempre va a dar un valor positivo [24]. Se obtiene con la siguiente ecuación:

$$S = +\sqrt{S^2}$$

Donde:

- S = desviación típica
- $S^2$  = varianza

➤ **Covarianza:** Es una medida de dispersión, se pueden presentar valores positivos para pendientes positivas, mientras que valores negativos para pendientes negativas. Se define como la media del producto de las diferencias entre valores de la variable con su media aritmética y determina la variabilidad de X y Y [24]. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Cov} = \frac{\sum x_i * y_i}{n} - \bar{x} * \bar{y}$$

Donde:

- Cov = covarianza
- n = número de muestras
- $\bar{x}, \bar{y}$  = medias aritméticas.

### 1.1.3.8. Regresión

La regresión es una técnica estadística que se aplica para encontrar una probable relación entre dos variables. Para encontrar la relación o dependencia entre dos variables se pueden presentar diversas funciones matemáticas [25].

**Tabla 12.** Tipos de regresión

Tipo de Función	Ecuación
Recta o función lineal	$Y = a_0 + a_1 X$
Función polinómica	$Y = a_0 + a_1 * X + a_2 * X^2$
Función exponencial	$Y = a_0 * e^{a_1 * X}$
Función potencial	$Y = a_0 * X^{a_1}$
Función logarítmica	$Y = a_0 + a_1 * \text{Ln}(X)$

**Fuente:** Estadística y muestreo, Ciro Martínez

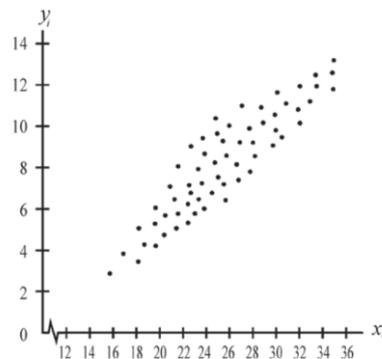
Donde:

- $Y$  = es la variable dependiente.
- $X$  = es la variable independiente.
- $a, b, c$  = coeficientes de regresión muestrales

De esta forma y mediante las ecuaciones presentadas en la tabla anterior permiten predecir un valor de la variable dependiente con referencia al valor conocido de la variable independiente [24].

Además de ello, para un mejor análisis de la regresión se usa un diagrama de dispersión. A través del diagrama se puede representar un par de ejes coordenados, la variable dependiente en el eje de las ordenadas y para la variable independiente en el eje de las abscisas [21].

Una vez se tiene graficado el conjunto de puntos pertenecientes a las propiedades en análisis se busca la forma para unir mediante una línea de tendencia que puede ser rectilínea, polinómica, exponencial o cualquier otro tipo que se ajuste mejor a la nube de puntos. El tipo de línea resultante dependerá de la relación que tenga los datos en análisis [24].



**Figura 12.** Diagrama de dispersión

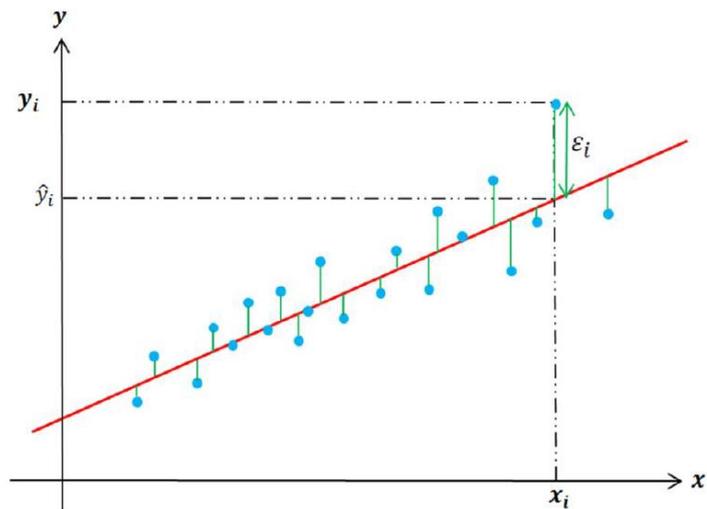
**Fuente:** Estadística y muestreo, Ciro Martínez

En las ecuaciones de regresión existen los coeficientes de regresión muestrales, mismos que son los estimadores encargados de realizar el mejor ajuste para la

obtención de la regresión. Para ello, la metodología de cálculo más recomendable es el método de los mínimos cuadrados [26].

### Método de los mínimos cuadrados

Es un método que se encarga de estimar y determinar el ajuste de la línea para un conjunto de datos dispuestos en un diagrama de dispersión [21].



**Figura 13.** Método de mínimos cuadrados

**Fuente:** “Estadística y muestreo”, Ciro Martínez

Para realizar el ajuste de la recta de mínimos cuadrados que se aproxime al conjunto en análisis viene expresado por la siguiente ecuación:

$$Y = a_0 + a_1 X$$

En la ecuación se presentan dos constantes  $a_0$  y  $a_1$ , coeficientes que se determinan mediante el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\sum Y = a_0 N + a_1 \sum X$$
$$\sum XY = a_0 \sum X + a_1 \sum X^2$$

Para una regresión de más de dos variables o también conocida como regresión múltiple, la metodología de resolución es la misma que para una regresión simple [4]. Únicamente variando las ecuaciones:

$$Z = a_0 + a_1X + a_2Y$$

Por consecuencia, las ecuaciones para la aplicación del método de mínimos cuadrados también van a cambiar. En este caso, la variable que se va a estimar es Z partiendo de valores conocidos de X e Y [4].

$$\begin{aligned}\sum Z &= a_0N + a_1 \sum X + a_2 \sum Y \\ \sum XZ &= a_0 \sum X + a_1 \sum X^2 + a_2 \sum XY \\ \sum YZ &= a_0 \sum Y + a_1 \sum XY + a_2 \sum Y^2\end{aligned}$$

### 1.1.3.9. Correlación

La correlación es el análisis mediante el cual permite determinar la fuerza o grado que tiene la regresión de dos o más variables. Para medir el grado de compatibilidad de dichas variables se utiliza el coeficiente de correlación o correlación de Pearson [24].

#### Coefficiente de determinación $R^2$

El coeficiente de correlación al cuadrado o coeficiente de determinación se representa con  $R^2$ , refleja el porcentaje de las variaciones de la variable dependiente con respecto a la influencia de la variable independiente. Debe ser un valor que cumpla la siguiente condición:  $0 \leq R^2 \leq 1$ . Cuando es igual a 1, es una correlación perfecta porque los valores de referencia son similares a los estimados. Si se presenta un valor inferior a 0,30 se dice que no existe ninguna correlación entre las propiedades analizadas [24]. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$R^2 = \frac{Covarianza^2}{S_x^2 * (S_y^2)}$$

Donde:

- $R^2$  = coeficiente de determinación
- Covarianza = medida de dispersión
- $S_x^2, S_y^2$  = varianzas

### Coeficiente de correlación o de Pearson $R = r$

El coeficiente de correlación es la raíz cuadrada del coeficiente de determinación. Se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$r = \frac{\text{Covarianza}}{S_x * S_y}$$

Donde:

- $r$  = coeficiente de correlación
- Covarianza = medida de dispersión
- $S_x, S_y$  = desviaciones típicas

El grado o porcentaje de correlación se puede clasificar de la siguiente manera:

**Tabla 13.** Nivel de correlación

Nivel de correlación	Rangos
Correlación perfecta	$r = 1$
Correlación excelente	$0.90 < r < 1$
Correlación aceptable	$0.80 \leq r \leq 0.90$
Correlación regular	$0.60 \leq r \leq 0.80$
Correlación mínima	$0.30 \leq r \leq 0.60$
No hay correlación	$0 < r < 0.30$

**Fuente:** Estadística y muestreo, Ciro Martínez

### 1.1.3.10. Pavimento flexible

El pavimento es una estructura que se forma por capas de diferente espesor apoyadas en una capa de suelo natural llamada subrasante. La estructura típica de un pavimento flexible está conformada por subrasante, subbase, base y carpeta asfáltica. La principal función de las capas es reducir esfuerzos provocados por los vehículos, de esta forma los esfuerzos que lleguen a la subrasante van a ser mínimos [27], [28].



**Figura 14.** Estructura pavimento flexible

**Fuente:** Manual de Carreteras, Construcción y Mantenimientos, 2014

#### 1.1.3.10.1. Subrasante

Es la capa natural de la carretera que va a soportar toda la estructura del pavimento y se prolonga hasta la profundidad sin afectar a la carga de diseño [29]. La resistencia de la subrasante depende de factores como:

- Granulometría
- Clasificación de los suelos (SUCS, AASHTO)
- Relación humedad – densidad

### 1.1.3.10.2. Subbase

Se encuentra por encima de la subrasante, y por debajo de la base, su espesor se determina mediante ensayos y dependiendo a las solicitudes a la que va a estar sometido el pavimento. Sirve de drenaje y evita que el agua llegue de la subrasante a las capas superiores, y de igual manera impide que el agua filtrada de la parte superior llegue a la subrasante [30], [31].

Esta capa debe contener agregados con coeficiente de desgaste máximo de 50%, así como también el material menor al tamiz #40 tiene que poseer un límite líquido máximo de 25 y un índice de plasticidad mejor a 6. La capacidad soportante debe ser de un CBR mayor o igual del 30% [32], [33].

Existen tres clases de subbase según NEVI-12-MTOP:

- **Subbase clase 1:** son agregados que provienen de la trituración de gravas o rocas. Al menos el 30% del agregado debe ser triturado.
- **Subbase clase 2:** son agregados que provienen de rocas o gravas trituradas. El 75% debe ser cribado y al menos el 25% del agregado tiene que ser obtenido por trituración.
- **Subbase clase 3:** el material usado es 100% cribado.

Los agregados deben estar graduados de fino a grueso de la siguiente manera:

**Tabla 14.** Porcentajes material retenido en tamices para subbase

<b>Tamiz # (Granulometría)</b>	<b>CLASE 1</b>	<b>CLASE 2</b>	<b>CLASE 3</b>
3"			100
2"		100	
1 ½"	100	70-100	
No. 4	30-70	30-70	30-70
No. 40	10-35	15-40	
No. 200	0-15	0-20	0-20

**Fuente:** Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2013)

### 1.1.3.10.3. Base

Se encuentra por encima de la subbase, y por debajo de la base, su espesor se determina mediante ensayos y dependiendo características del material que la forma [31]. La base debe resistir y transmitir las solicitaciones de las cargas vehiculares a la subbase y subrasante, es la capa más importante de la estructura vial, por lo cual, los materiales deben ser de calidad y cumplir todas las normativas vigentes de diseño [33].

Los principales requisitos son, el límite líquido no debe ser menor a 25, y el índice de plasticidad tiene que ser menor a 6. El valor del CBR debe ser mayor o igual al 80% [32].

Existen cuatro clases de base según NEVI-12-MTOP:

- Base clase 1: constituida por agregados gruesos y finos triturados en un 100% y deben ser mezclados en una planta central.
- Base clase 2: constituida por gravas o rocas trituradas en un 50% o más.
- Base clase 3: constituida por gravas o rocas trituradas con al menos el 25%.
- Base clase 4: constituida en su mayor parte por cribado de rocas que se fragmentaron naturalmente

**Tabla 15.** Porcentajes material retenido en tamices para base

TAMIZ # (Granulometría)	CLASE 1		CLASE 2	CLASE 3	CLASE 4
	TIPO A	TIPO B			
2"	100	100			100
1 ½"	70-100	70-100			
1"	55-85	55-85	100		60-90
¾"	50-80	60-90	70-100	100	
3/8"	35-70	45-75	50-80		
No. 4	25-50	30-60	35-65	45-80	20-50
No. 10	20-40	20-50	25-30	30-60	
No. 40	10-25	10-25	15-30	20-35	
No. 200	2-12	2-12	3-15	3-15	0-15

**Fuente:** Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2013)

#### 1.1.3.10.4. Capa de rodadura

Es la capa que va a soportar directamente las cargas de tránsito y se encarga de transmitir los esfuerzos a las capas inferiores. Se diseña con material de alta calidad para que sea resistente a esfuerzos destructivos provenientes del tránsito y las condiciones ambientales [32].

La resistencia que tenga cada una de las capas dependerá del material que se utilizó. Además, intervienen factores relevantes como la compactación para que no existan espacios intergranulares evitando así, posibles deformaciones [29].

#### 1.1.3.11. Diseño Pavimento flexible Método AASHTO 1993

El método se direcciona al diseño del pavimento flexible tomando referencia en el uso de un número estructural (SN) para el pavimento, parámetro que determina la resistencia estructural de un pavimento tomando en cuenta factores como capacidad de soporte del suelo (Mr), tránsito total (W18), usos a los que va a estar aplicado y las condiciones del ambiente a la que va a estar expuesto [32]. Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\log W_{18} = Z_r * S_0 + 9,36 \log(SN+1) - 0,20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4,2-1,5}\right)}{0,40 + \left(\frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}\right)} + 2,32 * \log(Mr) - 8,07$$

Donde:

- $W_{18}$  = número de cargas de ejes equivalente de 80KN
- $Z_r$  = desviación estándar normal
- $S_0$  = desviación estándar global
- SN = número estructural
- $\Delta PSI$  = pérdida de serviciabilidad
- Mr = módulo de resiliencia

- **Periodo de diseño:** es la vida útil del pavimento, es un periodo que inicia cuando la vía entra en funcionamiento y finaliza cuando los niveles de serviciabilidad sean bajos [28].

**Tabla 16.** Período de diseño según la vía.

<b>Clasificación de la vía</b>	<b>Período de análisis (años)</b>
Urbana de alto volumen de tráfico	30 - 50
Rural de alto volumen de tráfico	20 - 50
Pavimentada de bajo volumen de tráfico	15 - 25
No pavimentada de bajo volumen de tráfico	10 - 20

**Fuente:** Normas de diseño geométrico, MTOP 2003

- **Transito Equivalente (W18):** es la transformación de las cargas transmitidas por los diferentes tipos de vehículos pesados a una carga equivalente, se asume como un eje sencillo de 18000 lb (8,2 ton) acumulado durante todo el período de diseño [31].

**Tabla 17.** Factor de distribución por carril

<b>Número de carriles en una dirección</b>	<b>% del W18 en el carril de diseño</b>
1	100
2	80 a 100
3	60 a 80
4	50 a 75

**Fuente:** Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

- **Nivel de confiabilidad “R”:** El nivel de confiabilidad permite estimar como va a ser el comportamiento y a su vez el desempeño que tendrá el pavimento durante todo su período de diseño. Además, cada valor de R se relaciona estadísticamente con un valor de coeficiente de desviación estándar normal ( $Z_r$ ), mismo que determina un valor de confiabilidad a través de la desviación estándar ( $S_o$ ) [30], [33]. A continuación, se presenta niveles de confiabilidad sugeridos:

**Tabla 18.** Nivel de confiabilidad

<b>Clasificación funcional</b>	<b>Zonas Urbanas</b>	<b>Zonas Rurales</b>
Autopistas	85 - 99.9	80 - 99.9
Carreteras de 1er Orden	80 - 90	75 - 95
Carreteras de 2do Orden	80 - 95	75 - 95
Caminos vecinales o locales	50 - 80	50 - 80

**Fuente:** Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

- **Desviación Estándar Normal “Zr”:** los valores de desviación estándar tienen relación con el nivel de confiabilidad [28].

**Tabla 19.** Valores de desviación estándar normal

<b>Confiabilidad</b>	<b>Zr</b>
50	0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405

<b>Confiabilidad</b>	<b>Zr</b>
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,090
99,99	-3,750

**Fuente:** Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

- **Desviación estándar global “S<sub>o</sub>”:** se relaciona de forma directa con el nivel de confiabilidad “R”. Para seleccionar el valor se toma en cuenta posibles variaciones tanto en el tráfico como en el comportamiento del pavimento [28].

**Tabla 20.** Valores de desviación estándar global

Condiciones de diseño	Desviación estándar global $S_o$
Variación de la predicción en el comportamiento del pavimento (sin error de tráfico)	0,25
Variación total en la predicción del comportamiento del pavimento y en la estimación del tráfico	0,35 – 0,50

**Fuente:** Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

Para pavimentos flexibles se recomienda usar 0,45

➤ **Módulo de Resiliencia “ $M_r$ ”:** es un parámetro que permite determinar las propiedades de la subrasante, de esa forma calificar la calidad de esta. Para ello, el método AASHTO 93 desarrolló una fórmula con referencia del CBR para obtener el módulo  $M_r$  [29], [33].

1.  $M_r$  (PSI) = 1500 \* CBR, se aplica para CBR < 10% (AASHTO)
2.  $M_r$  (PSI) = 3000 \* CBR<sup>0,65</sup>, se aplica para CBR entre 10 – 20 % (desarrollada en Sudáfrica)
3.  $M_r$  (PSI) = 4326 \* Ln(CBR) + 24, se aplica para suelos granulares

➤ **Índice de Serviciabilidad “ $\Delta$ PSI”:** es un parámetro que muestra la condición del estado que va a tener la vía durante un período de tiempo [31]. Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta\text{PSI} = \text{PSI inicial} - \text{PSI final}$$

Donde:

- $\Delta$ PSI = diferencia entre los índices inicial y final
- PSI inicial = índice de servicio inicial (pavimento rígido 4,5 y para pavimento flexible 4,2)
- PSI final = índice de servicio terminal (camino secundario 2,0 y para principal 2,5 – 3)

**Tabla 21.** Calificación índice de serviciabilidad

Índice de serviciabilidad	Calificación
0 – 1	Muy mala
1 – 2	Mala
2 – 3	Regular
3 – 4	Buena
4 – 5	Muy buena

**Fuente:** Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

### Determinación de espesores por capa

Los espesores de capa se determinan en función del número estructural mediante la siguiente formula:

$$SN = ( a_1 * D_1 ) + ( a_2 * D_2 * m_2 ) + ( a_3 * D_3 * m_3 )$$

Donde:

- $a_1, a_2, a_3$  = coeficientes estructurales carpeta asfáltica, base y subbase respectivamente
- $D_1, D_2, D_3$  = espesores de carpeta asfáltica, base y subbase respectivamente
- $m_2, m_3$  = coeficiente de drenaje para base y subbase respectivamente

Espesores mínimos según la AASHTO con referencia a la cantidad de ejes equivalentes:

**Tabla 22.** Espesores mínimos según los ejes equivalentes

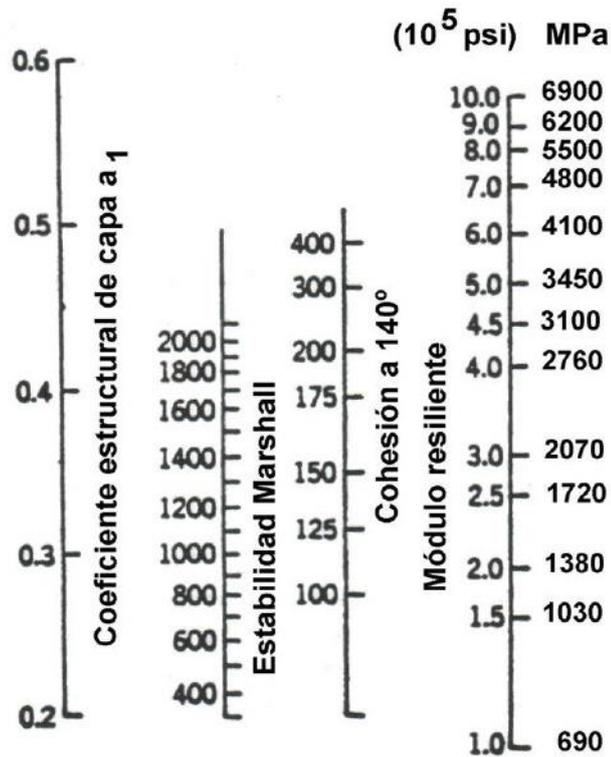
Tránsito W18	Carpeta Asfáltica (D1)	Capa Base (D2)
Menos de 5 000	1,0 ó Tándem Superficial	4,0
50 001 a 150 000	2,0	4,0
150 001 a 500 000	2,5	4,0
500 001 a 2 000 000	3,0	6,0
2 000 001 a 7 000 000	3,5	6,0
Mayor a 7 000 000	4,0	6,0

**Fuente:** Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

### Coefficientes estructurales $a_1$ , $a_2$ y $a_3$

Son coeficientes que permiten estimar la capacidad de soporte que van a tener las capas del pavimento para resistir las sollicitaciones de la circulación vehicular [28]. Los coeficientes se determinan mediante ensayos de laboratorio como modulo resiliente, CBR. A continuación, se presentan los siguientes ábacos para estimar los coeficientes.

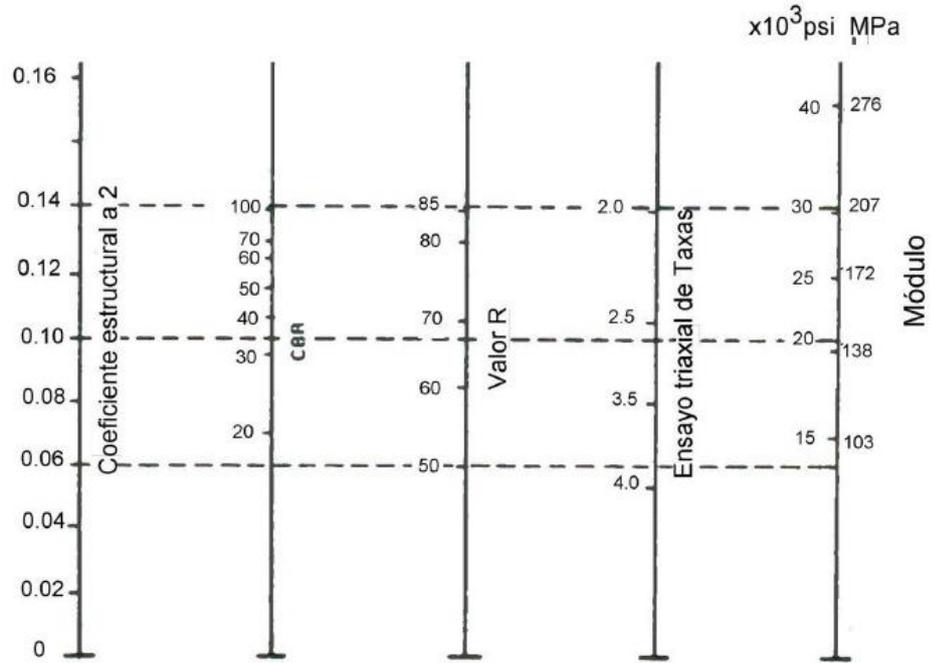
➤ **Coefficiente estructural  $a_1$ :**



**Figura 15.** Ábaco para la estimación del coeficiente  $a_1$

**Fuente:** Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

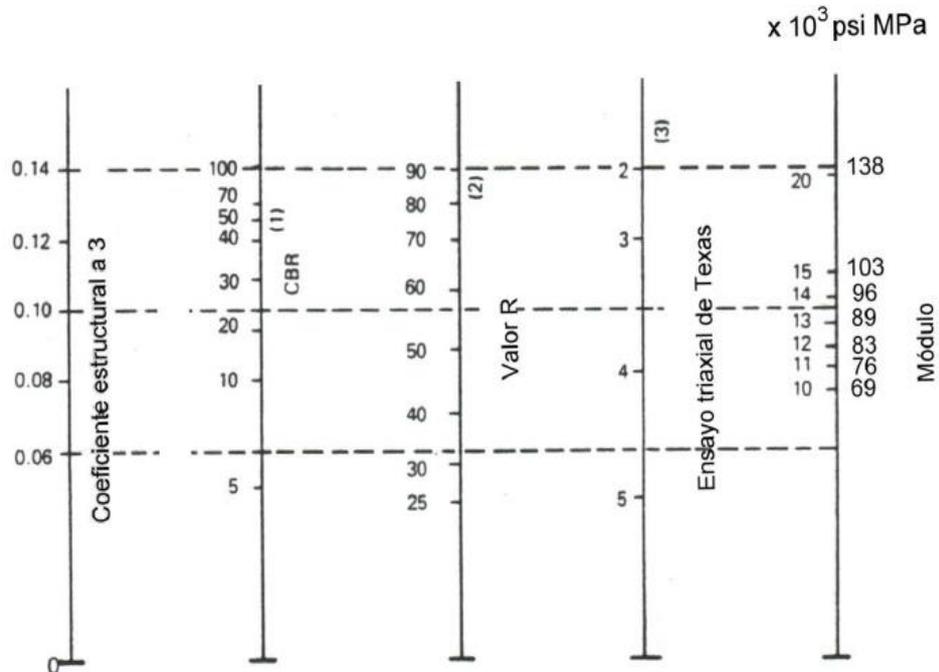
➤ **Coefficiente estructural a2:**



**Figura 16.** Ábaco para la estimación del coeficiente a<sub>1</sub>

**Fuente:** Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

➤ **Coefficiente estructural a3:**



**Figura 17.** Ábaco para la estimación del coeficiente a<sub>1</sub>

**Fuente:** Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

- **Coefficiente de drenaje  $m_2$  y  $m_3$ :** la capacidad de drenaje de la vía se estima en relación con el tiempo en que el agua tarde en desaparecer de la base y subbase [30], [33]. Para ello existen la siguiente clasificación:

**Tabla 23.** Espesores mínimos según los ejes equivalentes

Calidad de Drenaje	Tiempo de eliminación de agua
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Deficiente	Agua no drena

**Fuente:** Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

Según la AASHTO, en base a la calidad de drenaje de la vía presenta la siguiente tabla para determinar los coeficientes de drenaje, mismos que están en función del tiempo en que el pavimento se encuentra con presencia de agua.

**Tabla 24.** Corrección de coeficientes  $m_2$  y  $m_3$  en base al drenaje

Capacidad de drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura de pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación.			
	Menos de 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1,20
Buena	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1,00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0,80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0,60
Deficiente	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0,40

**Fuente:** Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

#### 1.1.4. Hipótesis

**Hipótesis nula ( $H_0$ )** No se van a obtener correlaciones entre propiedades índice y mecánicas con coeficiente de determinación mayor a 50% para obtener valores confiables de CBR.

**Hipótesis alternativa ( $H_a$ ):** Se van a obtener correlaciones entre propiedades índice y mecánicas con coeficiente de determinación mayor a 50% para obtener valores confiables de CBR.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo General**

Determinar la correlación entre el CBR de laboratorio y las propiedades índice y mecánicas de los suelos granulares de las parroquias Constantino Fernández y Pinllo del Cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Determinar las propiedades índice y mecánicas de los suelos granulares de las parroquias Constantino Fernández y Pinllo del cantón Ambato.
- Obtener las correlaciones experimentales entre las propiedades índice y mecánicas y el CBR de laboratorio para los suelos estudiados.
- Obtener la correlación experimental entre el factor DCP y el CBR de laboratorio para los suelos estudiados.
- Aplicar los valores de las correlaciones obtenidas en el diseño de un pavimento flexible.
- Realizar una zonificación general de los diferentes tipos de suelo de las parroquias Constantino Fernández y Pinllo.

## CAPÍTULO II

### METODOLOGÍA

#### **2.1. Nivel De Investigación**

Para la presente investigación se tienen los siguientes niveles de investigación:

##### **a. Nivel Experimental**

La investigación experimental tiene como finalidad recabar información y características del tema sujeto a investigación. Para ello, se utiliza una serie de técnicas y directrices para reunir la información requerida, por tal motivo se realiza ensayos normados tanto en campo como en laboratorio para la obtención de las propiedades del suelo que se necesitan conocer.

##### **b. Nivel Analítico**

Una vez finalizado los ensayos requeridos, se realiza el procesamiento y análisis de los resultados obtenidos. Para la interpretación de estos se utiliza tablas y gráficas para una mejor comprensión.

##### **c. Nivel Exploratorio**

Se trata de una investigación exploratoria porque pese a existir estudios previos en diversos lugares no existen antecedentes que validen esos estudios en nuestra zona de análisis.

##### **d. Nivel Explicativo**

Al finalizar el estudio, se comprueba si existe o no correlación entre las propiedades del suelo. Además, en el caso de existir, se detalla y explica la ecuación obtenida para la correlación.

## **2.2. Tipo o Modalidad De Investigación**

Se presentan los siguientes tipos de investigación:

### **a. Investigación de campo**

La investigación de campo conlleva realizar ensayos in situ como densidad de campo y penetración de cono dinámico. Además de ello, se extrae una muestra de suelo representativa para el resto de las propiedades a analizar.

### **b. Investigación de laboratorio**

Para la obtención de las propiedades del suelo es necesario realizar una investigación de laboratorio mediante ensayos como contenidos de humedad, granulometría, límites de Atterberg, gravedad específica, Proctor y CBR.

### **c. Investigación correlacional**

Es una investigación correlacional debido a que el proyecto busca encontrar una probable relación entre las diferentes propiedades de una muestra de suelo.

### **d. Investigación bibliográfica**

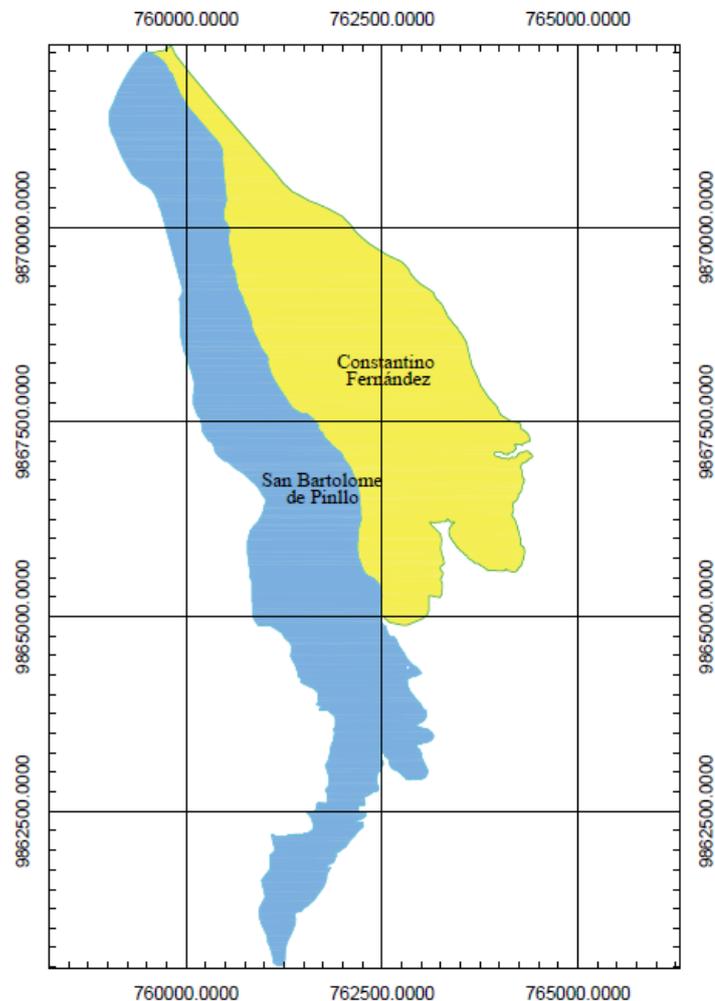
Es necesario realizar una investigación bibliográfica para poder complementar y sustentar nuestra investigación con información basada en fuentes confiables como tesis, artículos científicos y libros.

## 2.3. Población Y Muestra

### 2.3.1. Población

El proyecto de investigación forma parte de un macroproyecto que abarca 18 parroquias rurales pertenecientes al cantón Ambato, provincia de Tungurahua. El área de estudio para la presente investigación son las parroquias de Constantino Fernández y San Bartolomé de Pinllo.

Constantino Fernández es una parroquia que cuenta con una superficie de 37 km<sup>2</sup> y una población con aproximadamente 6180 habitantes. Por otro lado, San Bartolomé de Pinllo tiene una superficie de 12.4 km<sup>2</sup> y cuenta con alrededor de 12540 habitantes.

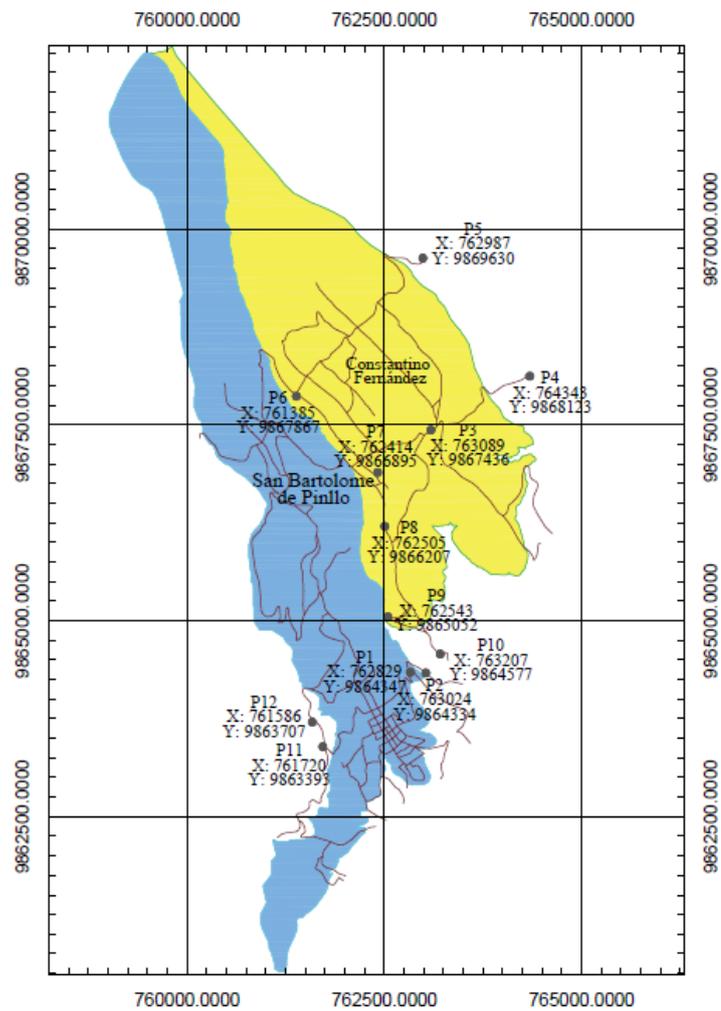


**Figura 18.** Parroquias San Bartolomé de Pinllo y Constantino Fernández

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

### 2.3.2. Muestra

Para llevar a cabo la presente investigación se eligió tres vías representativas de cada parroquia en estudio. Con las vías seleccionadas, se procede a ubicar dos puntos en cada vía, con una diferencia de al menos 500 metros de distancia. En cada punto se va a tomar aproximadamente 50 kg de muestra de suelo para los respectivos ensayos de laboratorio. Para la selección de los puntos para el estudio se tomó en cuenta que sean suelos naturales, es decir, que no hayan sido alterados por compactación o que sean rellenos. Además de ello, la profundidad de cada pozo para la toma de muestras dependió del espesor de la capa vegetal.



**Figura 19.** Coordenadas pozos seleccionados

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

## 2.4. MATERIALES Y EQUIPOS

**Tabla 25.** Materiales y equipos

<b>ENSAYOS</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>EQUIPOS</b>	<b>NORMA</b>
<b>Pozo a Cielo Abierto</b>	Muestras in situ	Pala Pico Barra Flexómetro	AASHTO T 87-70
<b>Densidad de Campo (Método del Cono y Arena de Ottawa)</b>	Muestras in situ	Cono Cinzel Cuchareta Placa metálica Balanza Clavos Martillo	AASHTO T 191 2014
<b>Dinamic Cone Penetrometer (DCP)</b>	Muestras in situ	Equipo DCP Libreta de anotación	ASTMD 6951-03
<b>Gravedad específica de sólidos</b>	50 gr de suelo que pasa tamiz # 40	Tamiz #4 Mortero de porcelana Pistillo de caucho Picnómetro Embudo Termómetro Recipiente metálico Pipeta Baño María	AASHTO T 100 2015
<b>Granulometría</b>	Muestra cuarteada	Tamizadora Juego de Tamices Brocha Recipiente	AASHTO T 88 2013

<b>Límite Líquido (Copa Casagrande)</b>	150 gr de suelo que pasa tamiz # 40	Copa Casagrande Espátula Acanalador Recipientes de aluminio	AASHTO T 89 2013
<b>Límite Plástico</b>	150 gr de suelo que pasa tamiz # 40	Placa de vidrio Fuente de mezclado Calibrador pie de rey	AASHTO T 90 2016
<b>Proctor Modificado tipo B</b>	24 kg de suelo que pasa el tamiz # 4	Bandeja metálica cuadrada Martillo de compactación Molde Ø 6" con extensión y base Probeta graduada Palustre Regleta Metálica	AASHTO T 180 2018
<b>California Bearing Ratio (CBR)</b>	18 kg de suelo que pasa el tamiz # 4	MULTISPEED 34-V1172	AASHTO T 193 2013

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

## 2.5. MÉTODOS

### 2.5.1. Plan de recolección de datos

**Tabla 26.** Plan de recolección de datos

<b>PREGUNTAS BASICAS</b>	<b>EXPLICACIÓN</b>
<b>¿Para qué?</b>	Correlacionar las propiedades índices y mecánicas de diferentes suelos con su respectivo valor de CBR obtenido en laboratorio.
<b>¿A quiénes?</b>	A la comunidad educativa y profesionales de ingeniería civil.
<b>¿Sobre qué aspectos?</b>	Las propiedades de los suelos obtenidas mediante los diferentes ensayos de campo y laboratorio, así como el valor del CBR obtenido del ensayo de relación de soporte de California.
<b>¿Quien?</b>	El investigador.
<b>¿Cuándo?</b>	Ensayos de campo del 16 de junio al 07 de julio. Ensayos de laboratorio del 08 de julio al 05 de septiembre. Procesamiento y análisis de información desde septiembre a noviembre.
<b>¿Donde?</b>	Parroquias Pinllo y Constantino Fernández para tomas de muestras y ensayos en situ. Laboratorio de Ensayos de Materiales y Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
<b>¿Técnicas de Recolección?</b>	Se retira la capa vegetal y se procede a realizar el ensayo DCP bajo la norma ASTM D 6951-03 y la Densidad de Campo por el método de Cono y Arena bajo la norma AASHTO T 191, ambos ensayos realizados en situ.

	<p>Posterior a ello se toma la muestra de suelo aproximadamente 50 kg, esto para los ensayos de laboratorio. La muestra de suelo es pasada a través del tamiz rectangular # 4 y colocada en la bandeja para su secado.</p> <p>Para el análisis granulométrico se toma una muestra representativa de suelo, la misma que debe estar totalmente seca y se la coloca en la tamizadora con el juego de tamices en forma descendente como lo establece la norma AASHTO T 88 2013.</p> <p>Los límites de Atterberg son realizados bajo las normas AASHTO T 89 2013 y AASHTO T 90 2016, la gravedad específica bajo la norma AASHTO T 100 2015, los ensayos mencionados anteriormente requieren una muestra de suelo que pase el tamiz #40.</p> <p>En la determinación del contenido óptimo de humedad es necesario mínimo cuatro puntos, tres de ellos deberán generar un pico y el otro menor al máximo, esto mediante la norma AASHTO T 180 2018 del ensayo del Proctor Modificado, este contenido de humedad es utilizado para realizar el ensayo de relación de soporte de California (CBR) este último normado mediante AASHTO T 193 2013</p>
--	--

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

## 2.5.2. ENSAYOS

- **Pozo a Cielo Abierto**



**Figura 20.** Limpieza capa vegetal

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

- **Densidad de Campo (Método del Cono y Arena de Ottawa)**



**Figura 21.** Ensayo Cono y Arena de Ottawa

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

- **Dinamic Cone Penetrometer (DCP)**



**Figura 22.** Ensayo DCP

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

- **Gravedad específica de sólidos**



**Figura 23.** Calibración picnómetro

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

- **Granulometría**



**Figura 24.** Colocando muestra de suelo en tamices.

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

- **Límite Líquido (Copa Casagrande)**



**Figura 25.** Muestra de suelo en Copa de Casa Grande

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

- **Límite Plástico**



**Figura 26.** Apisonando muestra de suelo  
**Autor:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

- **Proctor Modificado**



**Figura 27.** Enrasando muestra  
**Autor:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

- **California Bearing Ratio (CBR)**



**Figura 28.** Ensayo CBR  
**Autor:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

### 2.5.3. Plan de Procesamiento y Análisis de Información

La presente investigación busca facilitar y dar una alternativa para obtener valores de diferentes propiedades del suelo sin la necesidad de realizar específicamente dicho ensayo según la propiedad que se necesite. Es decir, a partir de propiedades conocidas o fáciles de obtener se estimarán propiedades más complicadas, ya sea por su costo o tiempo que conlleve su proceso de análisis. Para lo cual se realizó de la siguiente manera:

1. Una vez seleccionados los 12 puntos de estudio distribuidos en las parroquias analizadas. Se procede a realizar los dos ensayos correspondientes en campo, el ensayo de penetración de cono dinámico y densidad de campo. Además, con la muestra obtenida de cada pozo, en laboratorio se va a realizar ensayos de contenido de humedad, granulometría, límites de Atterberg, gravedad específica, proctor modificado y CBR.
2. Para empezar con las correlaciones es necesario colocar todos los ensayos realizados en tablas resumen para una mejor facilidad de selección de datos.
3. Existe dos tipos de correlaciones, las correlaciones simples y las correlaciones múltiples. Las primeras se realizan relacionando únicamente dos propiedades, mientras que para las correlaciones múltiples intervienen más de dos propiedades, en nuestro caso se relacionan tres propiedades.
4. Para las correlaciones simples, se seleccionan dos propiedades, de cada propiedad se van a tener 12 datos. Una propiedad va a ser la variable X, y la otra propiedad la variable Y. Con las dos variables y con la ayuda del software Excel se procede a realizar un gráfico de dispersión, a través del gráfico se crea una línea de tendencia y se obtiene su ecuación y el valor de  $R^2$  para ver el grado de relación entre las dos variables. Si el valor de R es superior o igual a 50% es una correlación que se va a aceptar para el proyecto, caso contrario se va a desechar.
5. Para las correlaciones múltiples el proceso es un poco más extenso, se realiza a través del método de mínimos cuadrados que se va a explicar en el siguiente punto.

### 2.5.3.1. Determinación de Correlaciones Múltiples

#### A. Correlaciones lineales

En la siguiente tabla se colocan las tres propiedades que se pretenden relacionar. Dos de ellas van a ser variables dependientes y la restante va a ser la variable independiente, es decir la ecuación que se obtenga busca encontrar esa variable independiente. A partir de estas tres propiedades se obtienen valores multiplicando una propiedad con otra según como lo indica la tabla.

**Tabla 27.** Tabla tipo para correlaciones lineales múltiples

n	Variable Dependiente	Variable Dependiente	Variable Independiente						
	X	Y	Z	XZ	YZ	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	Z <sup>2</sup>
1									
2									
3									
.									
.									
$\sum n$	$\sum X_i$	$\sum Y_i$	$\sum Z_i$	$\sum XZ$	$\sum YZ$	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum Y^2$	$\sum Z^2$

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Para la resolución por método de mínimos cuadrados se presenta el siguiente sistema de ecuaciones correspondientes a la correlación lineal múltiple:

$$\sum Z = a_0 n + a_1 \sum X + a_2 \sum Y$$

$$\sum XZ = a_0 \sum X + a_1 \sum X^2 + a_2 \sum XY$$

$$\sum YZ = a_0 \sum Y + a_1 \sum XY + a_2 \sum Y^2$$

Este sistema de ecuaciones se forma con los valores obtenidos calculados previamente en la tabla anterior.

Para la resolución del sistema de ecuaciones se realiza mediante la matriz inversa. A continuación, se presentará como se va a formar la matriz

**Tabla 28.** Matriz inversa correlación lineal múltiple

<b>a<sub>0</sub></b>	<b>a<sub>1</sub></b>	<b>a<sub>2</sub></b>	<b>=</b>
n	$\sum X$	$\sum Y$	$\sum Z$
$\sum X$	$\sum X^2$	$\sum XY$	$\sum XZ$
$\sum Y$	$\sum XY$	$\sum Y^2$	$\sum YZ$

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Una vez resuelto la matriz inversa, se tiene como ecuación final:

$$Z = a_0 + a_1X + a_2Y$$

Finalmente, para determinar el coeficiente de determinación se aplica la siguiente ecuación:

$$r^2 = \frac{a_0 \sum Z + a_1 \sum (X * Z) + a_2 \sum (Y * Z) - n * (Z_{med})^2}{\sum (Z^2) - n * (Z_{med})^2}$$

NOTA: La metodología para las correlaciones restantes (logarítmica, potencial y exponencial) se realiza de la misma manera. Únicamente tiene pequeñas variaciones en las tablas y ecuaciones según el tipo de correlación. Además, el tipo de correlación resultante será con la que se obtenga el mayor valor de  $r^2$ .

## B. Correlaciones logarítmicas

**Tabla 29.** Tabla tipo para correlaciones logarítmicas múltiples

n	Variable Dependiente	Variable Dependiente	Variable Independiente							
	X	Y	Z	X' = Log (X)	X'Z	YZ	X'Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	Z <sup>2</sup>
1										
2										
3										
.										
.										
Σn	ΣX	ΣY	ΣZ	ΣX'	ΣX'Z	ΣYZ	ΣX'Y	ΣX <sup>2</sup>	ΣY <sup>2</sup>	ΣZ <sup>2</sup>

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Para la resolución por método de mínimos cuadrados se presenta el siguiente sistema de ecuaciones correspondientes a la correlación logarítmica múltiple:

$$\sum Z = a_0 n + a_1 \sum X' + a_2 \sum Y$$

$$\sum X'Z = a_0 \sum X' + a_1 \sum X'^2 + a_2 \sum X'Y$$

$$\sum YZ = a_0 \sum Y + a_1 \sum X'Y + a_2 \sum Y^2$$

La resolución del sistema de ecuaciones se realiza a través de la matriz inversa.

**Tabla 30.** Matriz inversa correlación logarítmica múltiple

<b>a<sub>0</sub></b>	<b>a<sub>1</sub></b>	<b>a<sub>2</sub></b>	=
N	$\sum X'$	$\sum Y$	$\sum Z$
$\sum X'$	$\sum X'^2$	$\sum X'Y$	$\sum X'Z$
$\sum Y$	$\sum X'Y$	$\sum Y^2$	$\sum YZ$

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Una vez resuelto la matriz inversa, se tiene como ecuación final:

$$\mathbf{Z} = \mathbf{a}_0 + \mathbf{a}_1 \log \mathbf{X}' + \mathbf{a}_2 \mathbf{Y}$$

Finalmente, para determinar el coeficiente de determinación se aplica la siguiente ecuación:

$$r^2 = \frac{a_0 \sum Z + a_1 \sum (X * Z) + a_2 \sum (Y * Z) - n * (Z_{med})^2}{\sum (Z^2) - n * (Z_{med})^2}$$

### C. Correlaciones potenciales

**Tabla 31.** Tabla tipo para correlaciones potenciales múltiples

n	Variable Dependiente	Variable Dependiente	Variable Independiente									
	X	Y	Z	X' = Log (X)	Y' = Log (Y)	Z' = Log (Z)	X'Z'	Y'Z'	X'Y'	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	Z <sup>2</sup>
1												
2												
3												
.												
.												
Σn	ΣX	ΣY	ΣZ	ΣX'	ΣY'	ΣZ'	ΣX'Z'	ΣY'Z'	ΣX'Y'	ΣX <sup>2</sup>	ΣY <sup>2</sup>	ΣZ <sup>2</sup>

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Para la resolución por método de mínimos cuadrados se presenta el siguiente sistema de ecuaciones correspondientes a la correlación potencial múltiple:

$$\begin{aligned} \sum Z' &= a_0 n + a_1 \sum X' + a_2 \sum Y' \\ \sum X'Z' &= a_0 \sum X' + a_1 \sum X'^2 + a_2 \sum X'Y' \\ \sum Y'Z' &= a_0 \sum Y' + a_1 \sum X'Y' + a_2 \sum Y'^2 \end{aligned}$$

La resolución del sistema de ecuaciones se realiza a través de la matriz inversa.

**Tabla 32.** Matriz inversa correlación potencial múltiple

<b>a<sub>0</sub></b>	<b>a<sub>1</sub></b>	<b>a<sub>2</sub></b>	<b>=</b>
n	$\sum X'$	$\sum Y'$	$\sum Z'$
$\sum X'$	$\sum X'^2$	$\sum X'Y'$	$\sum X'Z'$
$\sum Y'$	$\sum X'Y'$	$\sum Y'^2$	$\sum Y'Z'$

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Una vez resuelto la matriz inversa, se tiene como ecuación final:

$$Z = a_0 + X^{a_1} * Y^{a_2}$$

Finalmente, para determinar el coeficiente de determinación se aplica la siguiente ecuación:

$$r^2 = \frac{a_0 \sum Z + a_1 \sum (X * Z) + a_2 \sum (Y * Z) - n * (Z_{med})^2}{\sum (Z^2) - n * (Z_{med})^2}$$

#### D. Correlaciones exponenciales

**Tabla 33.** Tabla tipo para correlaciones exponenciales múltiples

n	Variable Dependiente	Variable Dependiente	Variable Independiente							
	X	Y	Z	Z' = Ln (Z)	XZ'	YZ'	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	Z' <sup>2</sup>
1										
2										
3										
.										
.										
$\sum n$	$\sum X$	$\sum Y$	$\sum Z$	$\sum Z'$	$\sum XZ'$	$\sum YZ'$	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum Y^2$	$\sum Z'^2$

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Para la resolución por método de mínimos cuadrados se presenta el siguiente sistema de ecuaciones correspondientes a la correlación exponencial múltiple:

$$\begin{aligned}\sum Z' &= a_0 n + a_1 \sum X + a_2 \sum Y \\ \sum XZ' &= a_0 \sum X + a_1 \sum X^2 + a_2 \sum XY \\ \sum YZ' &= a_0 \sum Y + a_1 \sum XY + a_2 \sum Y^2\end{aligned}$$

La resolución del sistema de ecuaciones se realiza a través de la matriz inversa.

**Tabla 34.** Matriz inversa correlación exponencial múltiple

<b>a<sub>0</sub></b>	<b>a<sub>1</sub></b>	<b>a<sub>2</sub></b>	<b>=</b>
n	$\sum X$	$\sum Y$	$\sum Z'$
$\sum X$	$\sum X^2$	$\sum XY$	$\sum XZ'$
$\sum Y$	$\sum XY$	$\sum Y^2$	$\sum YZ'$

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Una vez resuelto la matriz inversa, se tiene como ecuación final:

$$Z = a_0 + e^{(a_1 * X)} + e^{(a_2 * Y)}$$

Finalmente, para determinar el coeficiente de determinación se aplica la siguiente ecuación:

$$r^2 = \frac{a_0 \sum Z + a_1 \sum (X * Z) + a_2 \sum (Y * Z) - n * (Z_{med})^2}{\sum (Z^2) - n * (Z_{med})^2}$$

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En esta sección se presenta la información resultante de cada uno de los ensayos que se realizaron para llevar a cabo la presente investigación. A continuación, se presenta resultados correspondientes a las 12 muestras que se tomaron para obtener las diferentes propiedades índices y mecánicas de los suelos de las parroquias Constantino Fernández y San Bartolomé de Pinllo

##### 3.1.1. Propiedades Índice

##### 3.1.1.1. Densidad de campo

Para la obtención de la densidad seca in-situ del suelo se realizó el ensayo del cono y arena de Ottawa. Además, a partir de este ensayo se pueden obtener propiedades como contenido de humedad natural, relación de vacíos, porosidad, grado de saturación del agua y grado de saturación del aire.

**Tabla 35.** Resumen propiedades índice

Nº	Parroquia	Densidad de Campo						
		γ Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	γ <sub>d</sub> In-situ (g/cm <sup>3</sup> )	Humedad Natural (%)	Relación de vacíos	Porosidad (%)	Grado de saturación del agua (%)	Grado de saturación del aire (%)
1	Pinllo	1,648	1,412	16,65	0,87	46,53	50,55	49,45
2	Pinllo	1,617	1,398	15,68	0,90	47,34	46,29	53,71
3	Constantino Fernández	1,874	1,544	21,38	0,73	42,08	78,47	21,53
4	Constantino Fernández	1,881	1,548	21,55	0,70	41,20	80,94	19,06
5	Constantino Fernández	1,772	1,435	23,54	0,83	45,21	74,70	25,30
6	Constantino Fernández	1,796	1,468	22,35	0,79	44,22	74,19	25,81
7	Constantino Fernández	1,830	1,489	22,87	0,78	43,85	77,65	22,35
8	Constantino Fernández	1,775	1,535	15,63	0,70	41,27	58,14	41,86
9	Pinllo	1,748	1,445	20,95	0,84	45,57	66,43	33,57
10	Pinllo	1,761	1,593	10,54	0,67	40,14	41,84	58,16
11	Pinllo	1,783	1,453	22,73	0,81	44,61	73,99	26,01
12	Pinllo	1,826	1,512	20,80	0,75	42,89	73,29	26,71

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Se obtuvo la densidad húmeda con rangos entre 1,617 – 1,881 g/cm<sup>3</sup>, mientras que para la densidad seca in-situ rangos entre 1,398 – 1,593 g/cm<sup>3</sup>. Los valores obtenidos si están entre los valores típicos que poseen los suelos granulares.

La humedad natural tiene rangos entre 10,54 – 22,87 %, lo que significa que tiene poco contenido de humedad y concuerda con los rangos típicos que suelen presentar los suelos granulares que están entre 15 – 20%.

La relación de vacíos tiene rangos entre 0,67 – 0,90, rangos que no están lejanos a los valores típicos para suelos granulares que van entre 0,43 – 0,67.

La porosidad tiene rangos entre 40,14 – 47,34 %, valores que están dentro del rango para arenas limpias y uniformes que es entre 29 – 50 %.

El grado de saturación de agua tiene rangos entre 41,84 – 80,94 %, presentando en su mayoría valores cercanos a 75%, lo que significa que los suelos están saturados de agua.

El grado de saturación de aire tiene rangos entre 19,06 – 58,16 %, presentando en su mayoría valores que rondan el 25%, lo que significa que el suelo está poco saturado de aire.

### 3.1.1.2. Gravedad específica

**Tabla 36.** Resumen Gravedad específica

Nº	Parroquia	Gravedad Específica GS
1	Pinlo	2,642
2	Pinlo	2,654
3	Constantino Fernández	2,666
4	Constantino Fernández	2,632
5	Constantino Fernández	2,619
6	Constantino Fernández	2,631
7	Constantino Fernández	2,652
8	Constantino Fernández	2,613
9	Pinlo	2,655
10	Pinlo	2,661
11	Pinlo	2,623
12	Pinlo	2,647

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

La gravedad específica tiene rangos entre 2,613 – 2,666. Valores cercanos a 2,650 que corresponden a arenas con partículas de tamaño grueso a mediano, con contenido de limos.

### 3.1.1.3. Granulometría

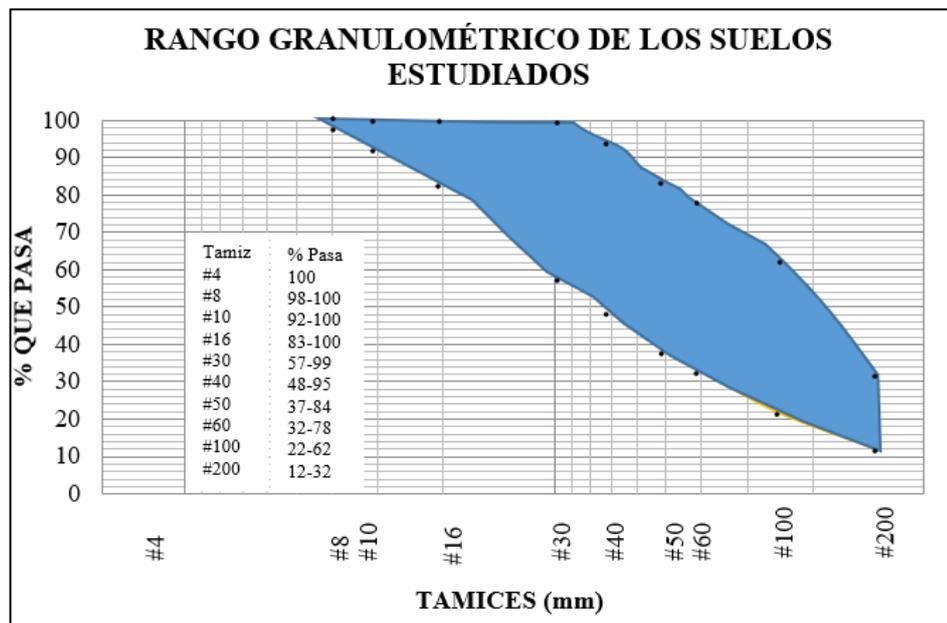
Al realizar la granulometría de las muestras de suelo se obtuvo la siguiente distribución de las partículas analizadas.

**Tabla 37.** Resumen Granulometría

N°	Parroquia	Granulometría							
		D10 (mm)	D30 (mm)	D60 (mm)	CU	CC	G (%)	S (%)	F (%)
1	Pinllo	0,075	0,121	0,208	2,773	0,939	0,00	87,12	12,68
2	Pinllo	0,075	0,138	0,261	3,480	0,973	0,00	86,60	13,00
3	Constantino Fernández	0,075	0,129	0,312	4,160	0,711	0,00	87,04	12,80
4	Constantino Fernández	0,071	0,151	0,291	4,099	1,104	0,00	86,08	13,60
5	Constantino Fernández	0,075	0,139	0,391	5,213	0,659	0,00	86,48	13,36
6	Constantino Fernández	0,077	0,121	0,333	4,325	0,571	0,00	87,76	12,20
7	Constantino Fernández	0,078	0,122	0,241	3,090	0,792	0,00	87,80	12,08
8	Constantino Fernández	0,074	0,171	0,412	5,568	0,959	0,00	87,74	12,16
9	Pinllo	0,075	0,222	0,471	6,280	1,395	0,00	87,76	12,08
10	Pinllo	0,075	0,112	0,231	3,080	0,724	0,00	85,12	14,76
11	Pinllo	0,071	0,114	0,292	4,113	0,627	0,00	83,60	16,20
12	Pinllo	0,061	0,139	0,351	5,754	0,902	0,00	81,72	18,20

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Mediante el siguiente gráfico se puede observar el rango del porcentaje de partículas que pasa cada tamiz.



**Figura 29.** Rangos granulométricos de muestras ensayadas

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Los suelos analizados no contienen gravas por lo que su porcentaje es 0%, el porcentaje de arena oscila entre 81,72 – 87,12 % y finalmente el contenido de finos (limos y arcillas) comprende rangos entre 12,08 – 18,20%.

En lo que respecta al coeficiente de uniformidad, la mayor parte de sus valores son inferiores a 5, lo que significa que el suelo es uniforme.

En cuanto al coeficiente de curvatura, sus valores están fuera del rango entre 1 – 3, por lo que son suelos mal graduados.

#### 3.1.1.4. Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg permiten determinar la plasticidad del suelo, siendo un parámetro fundamental para clasificar el suelo.

**Tabla 38.** Resumen límites de Atterberg

N°	Parroquia	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico (%)	Índice de liquidez
1	Pinllo	28,62	23,34	5,27	-1,27
2	Pinllo	25,87	21,94	3,93	-1,59
3	Constantino Fernández	26,55	24,25	2,30	-1,25
4	Constantino Fernández	33,29	31,55	1,74	-5,74
5	Constantino Fernández	23,31	22,70	0,61	1,38
6	Constantino Fernández	32,52	28,88	3,64	-1,79
7	Constantino Fernández	22,30	19,55	2,75	1,21
8	Constantino Fernández	26,37	22,38	3,99	-1,69
9	Pinllo	27,85	25,18	2,66	-1,59
10	Pinllo	21,92	21,53	0,39	-27,92
11	Pinllo	29,18	27,71	1,46	-3,41
12	Pinllo	21,45	21,32	0,13	-3,88

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

El límite líquido oscila entre 21,45 – 33,29%, lo que significa que son suelos de baja plasticidad por tener un límite líquido inferior a 50%. Su límite plástico tiene rangos entre 19,55 – 31,55%. En lo que respecta a su índice plástico se determina valores entre 0,13 – 5,27%. Su índice de liquidez presenta valores inferiores a 0.

### 3.1.2. Clasificación de suelos

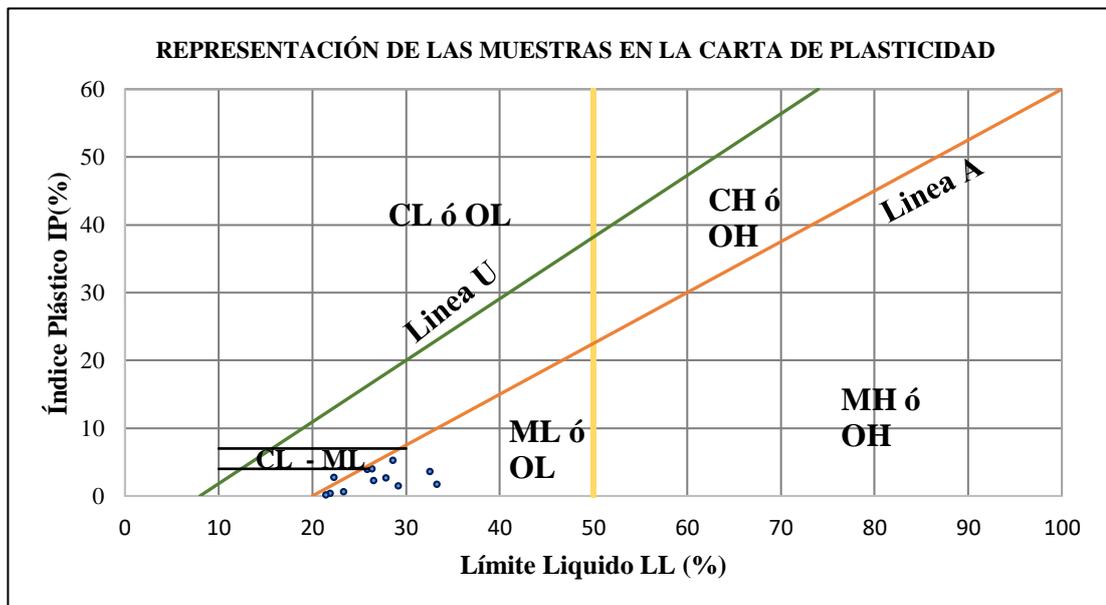
Con referencia de los resultados obtenidos de límites de Atterberg y granulometría se puede clasificar el suelo a través del sistema AASHTO y SUCS.

**Tabla 39.** Resumen clasificación AASHTO - SUCS

Nº	Parroquia	Clasificación AASHTO	Clasificación SUCS
1	Pinllo	A-2-4 (0)	SM, SC
2	Pinllo	A-2-4 (0)	SM
3	Constantino Fernández	A-2-4 (0)	SM
4	Constantino Fernández	A-2-4 (0)	SM
5	Constantino Fernández	A-2-4 (0)	SM
6	Constantino Fernández	A-2-4 (0)	SM
7	Constantino Fernández	A-2-4 (0)	SM
8	Constantino Fernández	A-2-4 (0)	SM
9	Pinllo	A-2-4 (0)	SM
10	Pinllo	A-2-4 (0)	SM
11	Pinllo	A-2-4 (0)	SM
12	Pinllo	A-2-4 (0)	SM

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

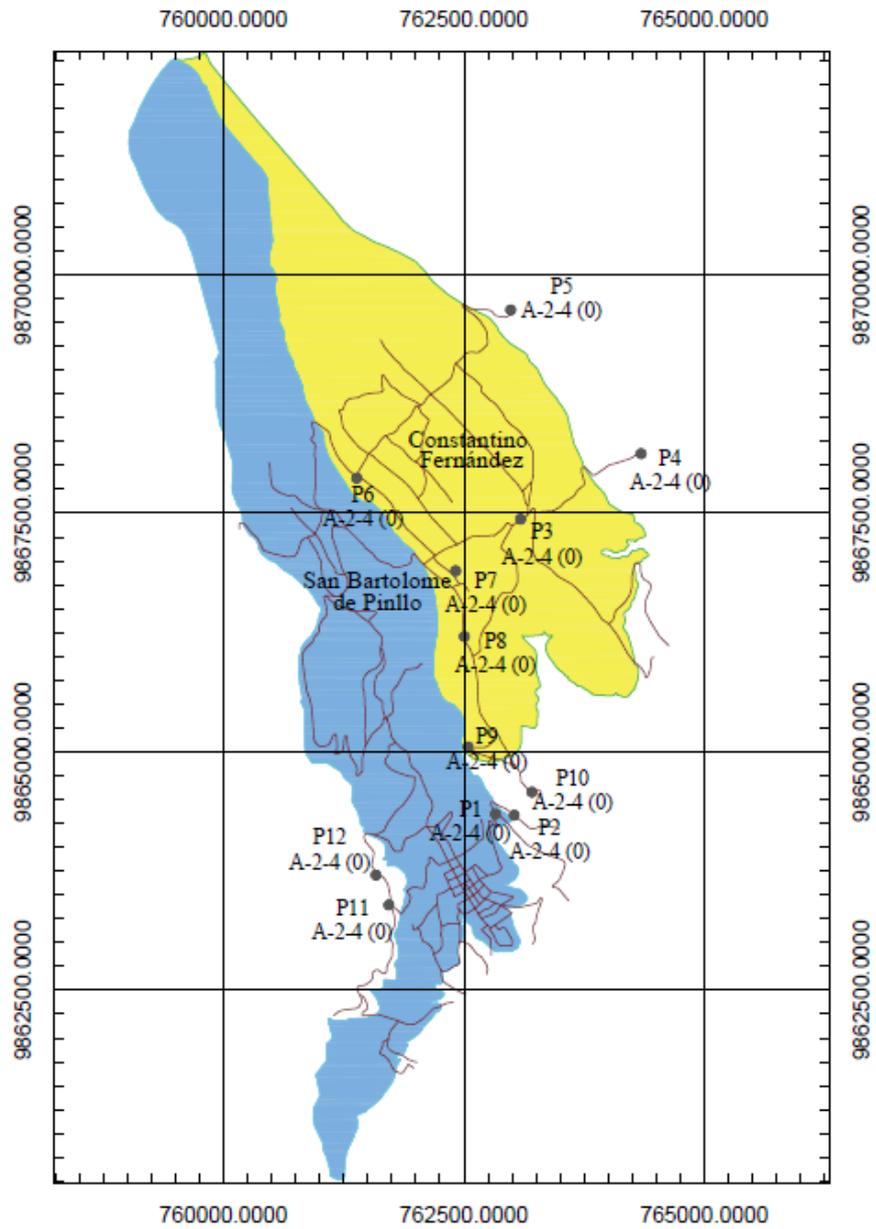
La carta de plasticidad de la SUCS permite clasificar la plasticidad del suelo.



**Figura 30.** Carta de plasticidad con muestras ensayadas

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

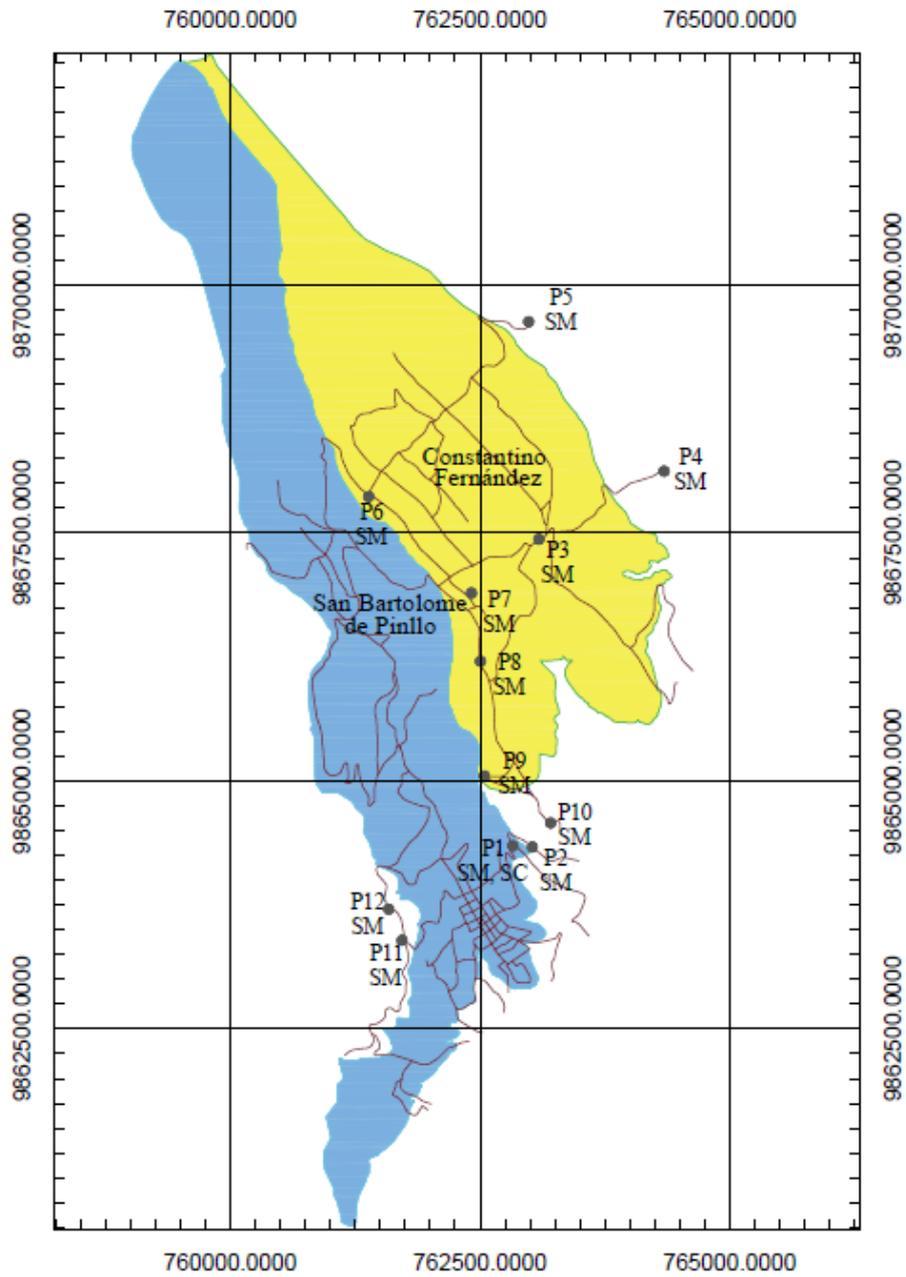
Según la clasificación AASHTO, el suelo pertenece al grupo A-2-4 (0) entre en el grupo de “grava y arena limosa o arcillosa”.



**Figura 31.** Suelos en las parroquias según AASHTO

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Según la clasificación SUCS, el suelo es SM, lo que quiere decir que es un suelo arenoso con contenido de limos.



**Figura 32.** Suelos en las parroquias según SUCS

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

### 3.1.3. Propiedades Mecánicas

#### 3.1.3.1. Proctor

Mediante el ensayo del proctor se compacta el suelo para disminuir espacios intergranulares de aire y agua, obteniendo así, la densidad seca máxima y el contenido de humedad óptimo, que son parámetros fundamentales para realizar el CBR de laboratorio.

**Tabla 40.** Resumen proctor

N°	Parroquia	Proctor		
		γ <sub>d</sub> máx (g/cm <sup>3</sup> )	W óptimo (%)	G <sub>c</sub> (%)
1	Pinllo	1,439	20,90	98,15%
2	Pinllo	1,545	16,05	90,46%
3	Constantino Fernández	1,691	15,60	91,32%
4	Constantino Fernández	1,564	20,35	98,95%
5	Constantino Fernández	1,705	15,10	84,15%
6	Constantino Fernández	1,588	22,00	92,42%
7	Constantino Fernández	1,730	15,80	86,08%
8	Constantino Fernández	1,646	18,00	93,23%
9	Pinllo	1,720	20,20	84,01%
10	Pinllo	1,755	17,20	90,77%
11	Pinllo	1,462	22,50	99,35%
12	Pinllo	1,822	16,20	82,96%

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Los valores de densidad seca máxima oscilan entre 1,462 – 1,822 g/cm<sup>3</sup>. Y su contenido de humedad óptimo tiene rangos entre 15,10 – 22,50%.

### 3.1.3.2. CBR

Con la humedad óptima del suelo, se procedió a realizar el ensayo CBR obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 41.** Resumen CBR

Nº	Parroquia	CBR		
		95 % yd máx		
		0,1 (%)	0,2'' (%)	Mayor (%)
1	Pinllo	9,41	13,30	13,30
2	Pinllo	9,41	11,12	11,12
3	Constantino Fernández	14,30	12,40	14,30
4	Constantino Fernández	44,30	40,40	44,30
5	Constantino Fernández	9,47	15,74	15,74
6	Constantino Fernández	19,69	16,42	19,69
7	Constantino Fernández	42,53	39,85	42,53
8	Constantino Fernández	41,50	39,20	41,50
9	Pinllo	47,20	41,50	47,20
10	Pinllo	9,03	11,64	11,64
11	Pinllo	18,95	20,05	20,05
12	Pinllo	46,10	49,50	49,50

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Se obtuvieron valores de CBR que oscilan entre 11 – 49 %, valores que van de regular a bueno como usos para subbase y base.

### 3.1.3.3. DCP

Los valores de índice de penetración van desde 4,68 – 25.10 mm/golpe, observando que existe diversidad de resistencia entre los suelos analizados.

**Tabla 42.** Resumen DCP

Nº	Parroquia	DCP
		DN (mm/golpe)
1	Pinllo	6,66
2	Pinllo	12,48
3	Constantino Fernández	4,04
4	Constantino Fernández	4,30
5	Constantino Fernández	8,99
6	Constantino Fernández	9,00
7	Constantino Fernández	25,10
8	Constantino Fernández	15,68
9	Pinllo	12,71
10	Pinllo	6,31
11	Pinllo	4,68
12	Pinllo	7,84

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

### 3.1.4. Nomenclatura

**Tabla 43.** Nomenclatura y sus unidades

<b>Nomenclatura</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>
$W_{nat}$	Contenido de Humedad Natural	%
$\gamma_h$	Densidad o peso unitario húmedo	$g/cm^3$
$\gamma_d$ in-situ	Densidad o peso unitario seco	$g/cm^3$
$e$	Relación de vacíos	Adimensional
$\eta$	Porosidad	%
Gw	Grado de saturación del agua	%
Ga	Grado de saturación del aire	%
D60	Diámetro dimensional	Mm
D30	Diámetro equiparable	Mm
D10	Diámetro efectivo	Mm
CU	Coficiente de uniformidad	Adimensional
CC	Coficiente de curvatura	Adimensional
G	Grava	%
S	Arena	%
F	Fino	%
LL	Límite Líquido	%
LP	Límite Plástico	%
IP	Índice de Plasticidad	%
GS	Gravedad Específica	Adimensional
$\gamma_d$ máx	Densidad o peso unitario seco máximo	$g/cm^3$
$W_{opt.}$	Contenido de humedad óptimo	%
Gc	Grado de compactación	%
DN	Índice de penetración	mm/golpe
CBR <sub>0.1"</sub>	CBR para 0.1 pulg. de penetración	%
CBR <sub>0.2"</sub>	CBR para 0.2 pulg. de penetración	%
CBR <sub>May</sub>	CBR mayor entre 0.1" y 0.2"	%

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

### 3.1.4.1. Tabla resumen de los ensayos de campo y de laboratorio

**Tabla 44.** Tabla resumen de las propiedades del suelo

Ensayo:			Densidad de Campo							Granulometría							
N°	Parroquia	Ubicación	W nat (%)	y Húmeda (g/cm3)	yd In situ (g/cm3)	e	n (%)	Gw (%)	Ga (%)	D10 (mm)	D30 (mm)	D60 (mm)	CU	CC	G (%)	S (%)	F (%)
1	Pinlo	San José - La Democracia	16,65	1,648	1,412	0,87	46,53	50,55	49,45	0,075	0,121	0,208	2,773	0,939	0,00	87,12	12,68
2	Pinlo	San José - La Democracia	15,68	1,617	1,398	0,90	47,34	46,29	53,71	0,075	0,138	0,261	3,480	0,973	0,00	86,60	13,00
3	Constantino Fernández	La Dolorosa	21,38	1,874	1,544	0,73	42,08	78,47	21,53	0,075	0,129	0,312	4,160	0,711	0,00	87,04	12,80
4	Constantino Fernández	La Dolorosa	21,55	1,881	1,548	0,70	41,20	80,94	19,06	0,071	0,151	0,291	4,099	1,104	0,00	86,08	13,60
5	Constantino Fernández	Angahuana - San Juan	23,54	1,772	1,435	0,83	45,21	74,70	25,30	0,075	0,139	0,391	5,213	0,659	0,00	86,48	13,36
6	Constantino Fernández	Angahuana - San Juan	22,35	1,796	1,468	0,79	44,22	74,19	25,81	0,077	0,121	0,333	4,325	0,571	0,00	87,76	12,20
7	Constantino Fernández	San José - La Libertad	22,87	1,830	1,489	0,78	43,85	77,65	22,35	0,078	0,122	0,241	3,090	0,792	0,00	87,80	12,08
8	Constantino Fernández	San José - La Libertad	15,63	1,775	1,535	0,70	41,27	58,14	41,86	0,074	0,171	0,412	5,568	0,959	0,00	87,74	12,16
9	Pinlo	La Heroína - Santa Marianita	20,95	1,748	1,445	0,84	45,57	66,43	33,57	0,075	0,222	0,471	6,280	1,395	0,00	87,76	12,08
10	Pinlo	La Heroína - Santa Marianita	10,54	1,761	1,593	0,67	40,14	41,84	58,16	0,075	0,112	0,231	3,080	0,724	0,00	85,12	14,76
11	Pinlo	El Alcance - Quisapincha	22,73	1,783	1,453	0,81	44,61	73,99	26,01	0,071	0,114	0,292	4,113	0,627	0,00	83,60	16,20
12	Pinlo	El Alcance - Quisapincha	20,80	1,826	1,512	0,75	42,89	73,29	26,71	0,061	0,139	0,351	5,754	0,902	0,00	81,72	18,20

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Tabla 45.** Tabla resumen de las propiedades del suelo

Ensayo:			Límites Atterberg				Clasificación AASHTO	Clasificación SUCS	GS	Compactación			CBR (%)			DCP
N°	Parroquia	Ubicación	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico (%)	Índice de Liquidez				95 % yd máx			0,1"	0,2"	Mayor	
										yd máx (kg/m <sup>3</sup> )	W ópt (%)	Gc (%)				
1	Pinlo	San José - La Democracia	28,62	23,34	5,27	-1,27	A-2-4 (0)	SM, SC	2,642	1,439	20,90	98,15	9,41	13,30	13,30	6,66
2	Pinlo	San José - La Democracia	25,87	21,94	3,93	-1,59	A-2-4 (0)	SM	2,654	1,545	16,05	90,46	9,41	11,12	11,12	12,48
3	Constantino Fernández	La Dolorosa	26,55	24,25	2,30	-1,25	A-2-4 (0)	SM	2,666	1,691	15,60	91,32	14,30	12,40	14,30	4,04
4	Constantino Fernández	La Dolorosa	33,29	31,55	1,74	-5,74	A-2-4 (0)	SM	2,632	1,564	20,35	98,95	44,30	40,40	44,30	4,30
5	Constantino Fernández	Angahuana - San Juan	23,31	22,70	0,61	1,38	A-2-4 (0)	SM	2,619	1,705	15,10	84,15	9,47	15,74	15,74	8,99
6	Constantino Fernández	Angahuana - San Juan	32,52	28,88	3,64	-1,79	A-2-4 (0)	SM	2,631	1,588	22,00	92,42	19,69	16,42	19,69	9,00
7	Constantino Fernández	San José - La Libertad	22,30	19,55	2,75	1,21	A-2-4 (0)	SM	2,652	1,730	15,80	86,08	42,53	39,85	42,53	25,10
8	Constantino Fernández	San José - La Libertad	26,37	22,38	3,99	-1,69	A-2-4 (0)	SM	2,613	1,646	18,00	93,23	41,50	39,20	41,50	15,68
9	Pinlo	La Heroína - Santa Marianita	27,85	25,18	2,66	-1,59	A-2-4 (0)	SM	2,655	1,720	20,20	84,01	47,20	41,50	47,20	12,71
10	Pinlo	La Heroína - Santa Marianita	21,92	21,53	0,39	-27,92	A-2-4 (0)	SM	2,661	1,755	17,20	90,77	9,03	11,64	11,64	6,31
11	Pinlo	El Alcance - Quisapincha	29,18	27,71	1,46	-3,41	A-2-4 (0)	SM	2,623	1,462	22,50	99,35	18,95	20,05	20,05	4,68
12	Pinlo	El Alcance - Quisapincha	21,45	21,32	0,13	-3,88	A-2-4 (0)	SM	2,647	1,822	16,20	82,96	46,10	49,50	49,50	7,84

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

### 3.1.5. Correlaciones

**Tabla 46.** Correlaciones entre Propiedades Índice.

N.º	Ecuación	R <sup>2</sup> (%)	Nº Muestra	Figura Nº
1	$LP = 0,0556 (LL)^2 - 2,1985 (LL) + 42,509$	88.52	12	F.33
2	$GW = 22,942 * e^{0,0532 (W_{nat})}$	87.33	12	F.34
3	$Ga = -3,153(W_{nat}) + 95,287$	85.31	12	F.35
4	$\gamma_{d \text{ máx}} = -0,0051 (W_{\text{opt}})^2 + 0,156(W_{\text{opt}}) + 0,5374$	64,59	11	F.36
5	$\gamma_{d \text{ máx}} = 2.0409 - 0,0505 (LL) + 0,0396 (LP)$	74,19	11	F.37
6	$\gamma_{d \text{ máx}} = \frac{6,4161 * (W_{nat})^{0,0396}}{(LL)^{0,4578}}$	68,13	11	F.38
7	$\gamma_{d \text{ máx}} = 2,3175 - 0,0206 (LL) - 0,0076 (\#200)$	76.86	11	F.39
8	$\gamma_{d \text{ máx}} = 2,2065 - 0,0013 (W_{nat}) - 0,0209 (LP)$	59.83	10	F.40
9	$W_{\text{opt.}} = 1,3064 * (LL)^{0,6316} * (LP)^{0,1824}$	71,37	11	F.41
10	$W_{\text{opt.}} = 0,1873 - 0,1191 (W_{nat}) + 0,8737 (LP)$	69,80	11	F.42
11	$\gamma_{d \text{ in-situ}} = 3,2159 - 1,7026 \log(LL) + 0,0285 (LP)$	59.03	10	F.43
12	$\gamma_{d \text{ in-situ}} = 0,1461 + 0,6014 (\gamma_{d \text{ máx}}) + 0,0204(W_{\text{opt}})$	63.35	10	F.44

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

**Tabla 47.** Correlaciones entre DN vs. Propiedades Índice.

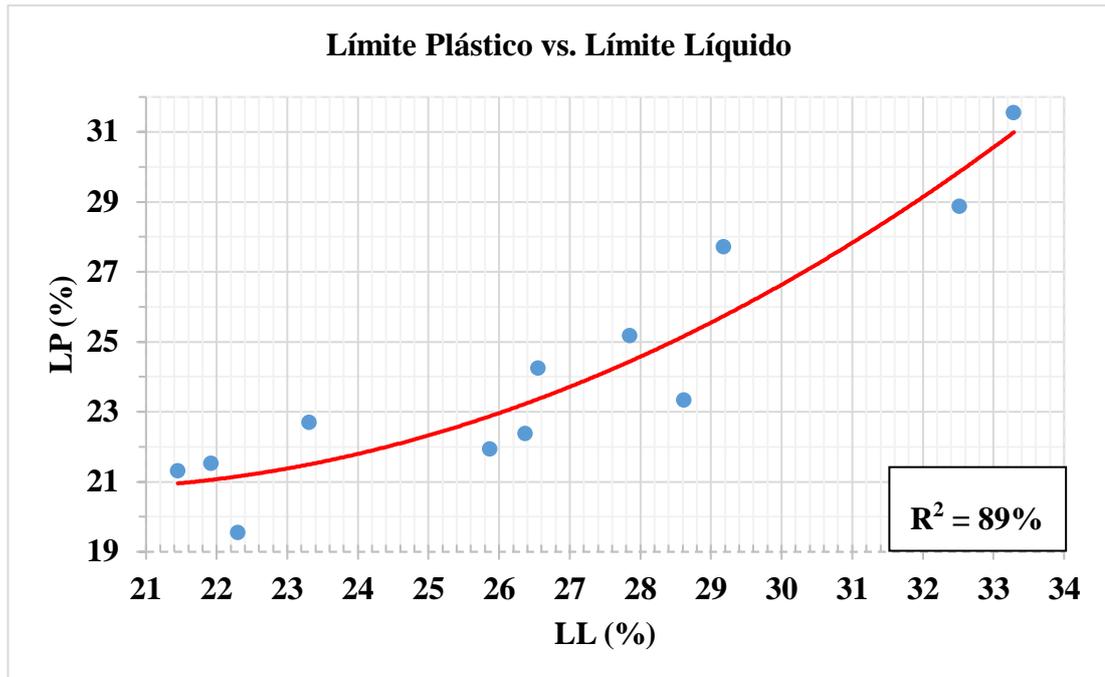
<b>N.º</b>	<b>Ecuación</b>	<b>R<sup>2</sup> (%)</b>	<b>Nº Muestra</b>	<b>Figura Nº</b>
<b>13</b>	$DN = 0,2328 (LP)^2 - 13,188 (LP) + 191,41$	68,73	10	F.45
<b>14</b>	$DN = 0,9888 (F)^2 - 31,217 (F) + 249,38$	59.87	10	F.46
<b>15</b>	$LP = \frac{11,6476 * e^{0,0301 (LL)}}{e^{0.007 (DN)}}$	95.94	11	F.47
<b>16</b>	$\gamma_{d \text{ in-situ}} = 1,7489 - 0,0588 \log(DN) - 0,0095(W_{nat})$	65.62	11	F.48
<b>17</b>	$W_{opt.} = 16,0924 - 0,2491(DN) + 0,2865 (W_{nat})$	61.18	11	F.49
<b>18</b>	$\gamma_{d \text{ máx}} = 1,0528 + 0,2347 \log (DN) + 0,016 (W_{nat})$	55.22	10	F.50

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Tabla 48.** Correlaciones entre CBR vs. Propiedades Índice

N.º	Ecuación	R <sup>2</sup> (%)	Nº Muestra	Figura Nº
19	$CBR_{may} = -1181,1 (\gamma_{d \text{ in-situ}})^2 + 3721,8 (\gamma_{d \text{ in-situ}}) - 2885,2$	62,23	10	F.51
20	$CBR_{may} = -0,0755 (DN)^2 + 3,937 (DN) - 5,2964$	61,07	11	F.52
21	$CBR_{may} = 2,0625 * e^{0,0762 (DN)} * e^{0,0828 (W_{\acute{o}pt})}$	58,70	10	F.53
22	$LP = 9,962 * e^{0,0004 (CBR_{may})} * e^{0,0326 (LL)}$	84,10	12	F.54
23	$CBR_{may} = \frac{(W_{\acute{o}pt})^{4,2196} * (\gamma_{m\acute{a}x})^{9,8147}}{1,20 * 10^6}$	68,37	10	F.55
24	$CBR_{may} = -3336,432 + 188,325(\gamma_{d \text{ in-situ}}) + 55,622(\gamma_{d \text{ in-situ}})$	79,06	11	F.56
25	$CBR_{may} = 0,0275 * (\gamma_{d \text{ in-situ}})^{16,6482} * (W_{nat})^{0,1839}$	74,25	11	F.57

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig



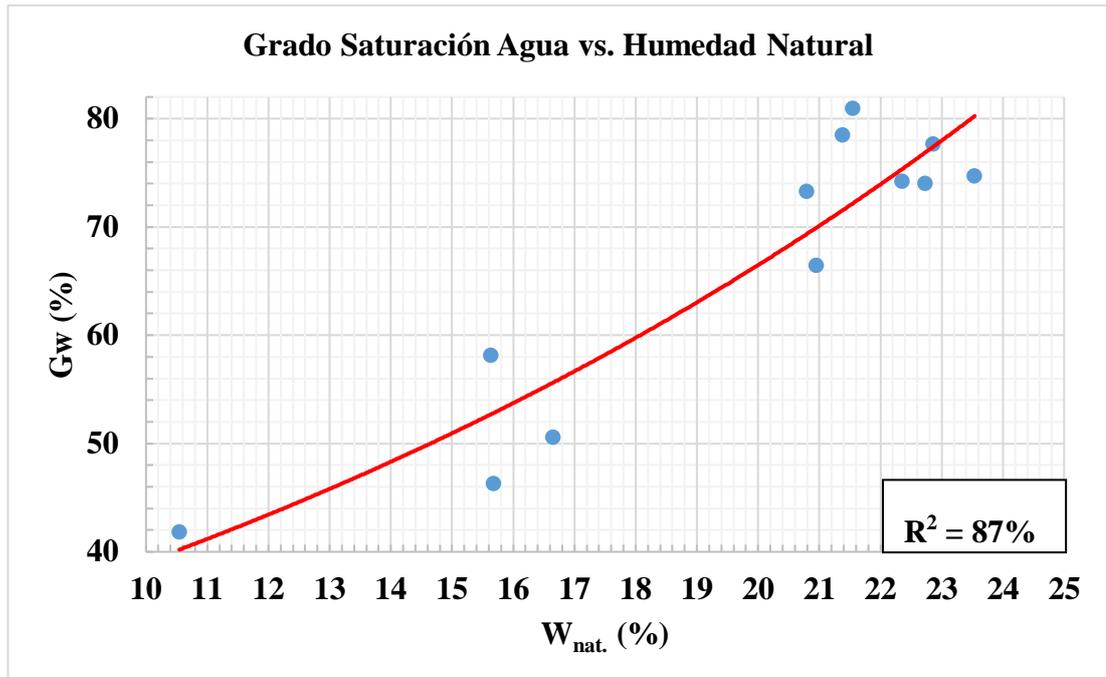
**Figura 33.** Correlación LP vs. LL

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

- Ecuación:  $LP = 0,0556 (LL)^2 - 2,1985(LL) + 42,509$
- Coeficiente de correlación  $R^2$  (%): 88,52 %
- Análisis e interpretación:

La correlación resultante entre el límite plástico (LP) vs. el límite líquido (LL) es aceptable, con un coeficiente de correlación  $R^2$  de 89%, se obtuvo mediante una correlación polinómica simple. Para el análisis realizado se utilizó 12 muestras con rangos para LP entre 19 – 32 % y para LL rangos entre 21 – 33 %.

Existe una relación directamente proporcional entre las propiedades analizadas, lo que significa que, mientras más humedad necesite el suelo para llegar a su condición líquida, va a suceder lo mismo para pasar de su estado sólido a plástico. Además, mientras mayor sea el LL del suelo va a tener mayor índice de plasticidad. Al necesitar más contenido de humedad para llegar al LL y al LP se puede deber a que en el suelo exista partículas finas que incrementen la absorción de agua.



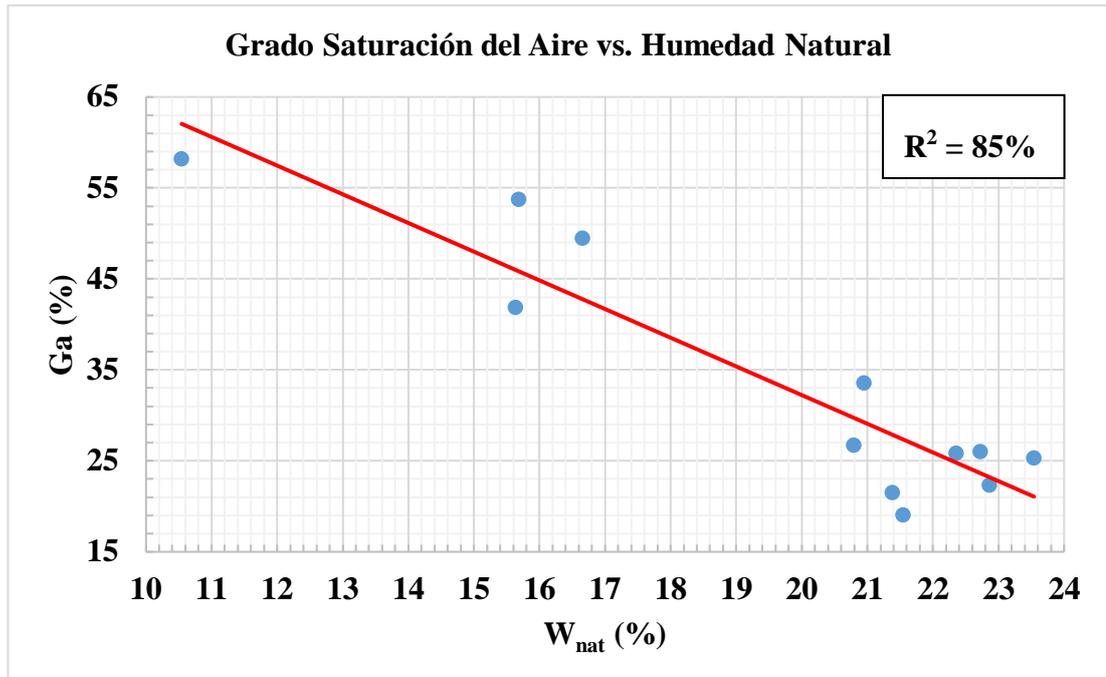
**Figura 34.** Correlación Gw vs. W<sub>nat.</sub>

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

- Ecuación:  $Gw = 22,942 * e^{0,0532(W_{nat})}$
- Coeficiente de correlación R<sup>2</sup> (%): 87,37 %
- Análisis e interpretación:

La correlación resultante entre el grado de saturación del agua (Gw) vs. la humedad natural (W<sub>nat</sub>) es aceptable, con un coeficiente de correlación R<sup>2</sup> de 87%, se obtuvo mediante una correlación exponencial simple. Para el análisis realizado se utilizó 12 muestras con rangos para Gw entre 41 – 81 % y para W<sub>nat</sub> rangos entre 11 – 24 %.

Existe una relación directamente proporcional entre las propiedades analizadas, es decir, mientras exista alto contenido de humedad natural en el suelo significa que la saturación de agua va a ser mayor, lo que conlleva a tener suelos con espacios intergranulares saturados de agua.



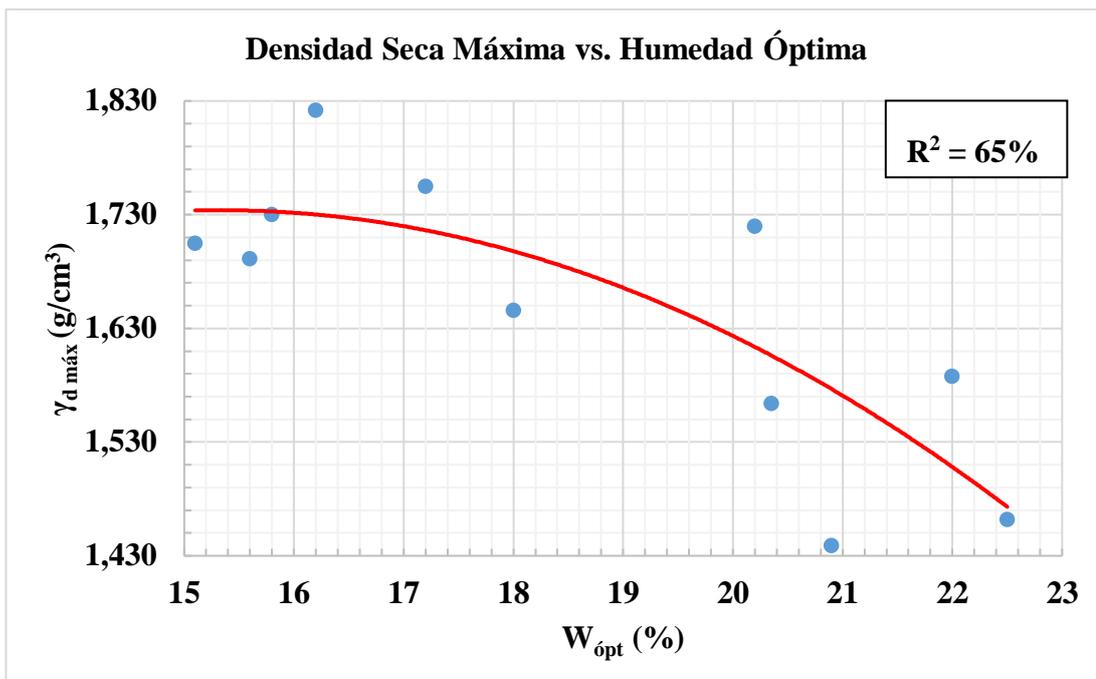
**Figura 35.** Correlación Ga vs. W<sub>nat</sub>.

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

- Ecuación:  $Ga = -3,153 (W_{nat}) + 95,287$
- Coeficiente de correlación R<sup>2</sup> (%): 85,31 %
- Análisis e interpretación:

La correlación resultante entre grado de saturación del aire (Ga) vs. humedad natural (W<sub>nat</sub>) es aceptable, con un coeficiente de correlación R<sup>2</sup> de 85%, se obtuvo mediante una correlación lineal simple. Para el análisis realizado se utilizó 12 muestras con rangos para Ga entre 19 – 58 % y para W<sub>nat</sub> rangos entre 11 – 24 %.

Se observa que existe una relación inversamente proporcional entre las propiedades analizadas, es decir, mientras mayor sea el contenido de humedad natural va a existir menor presencia de aire en la muestra de suelo, de esta manera al tener un suelo poco saturado de aire se dice que es un suelo compacto. Sin embargo, al no tener contenido de aire ese espacio puede estar ocupado por agua.



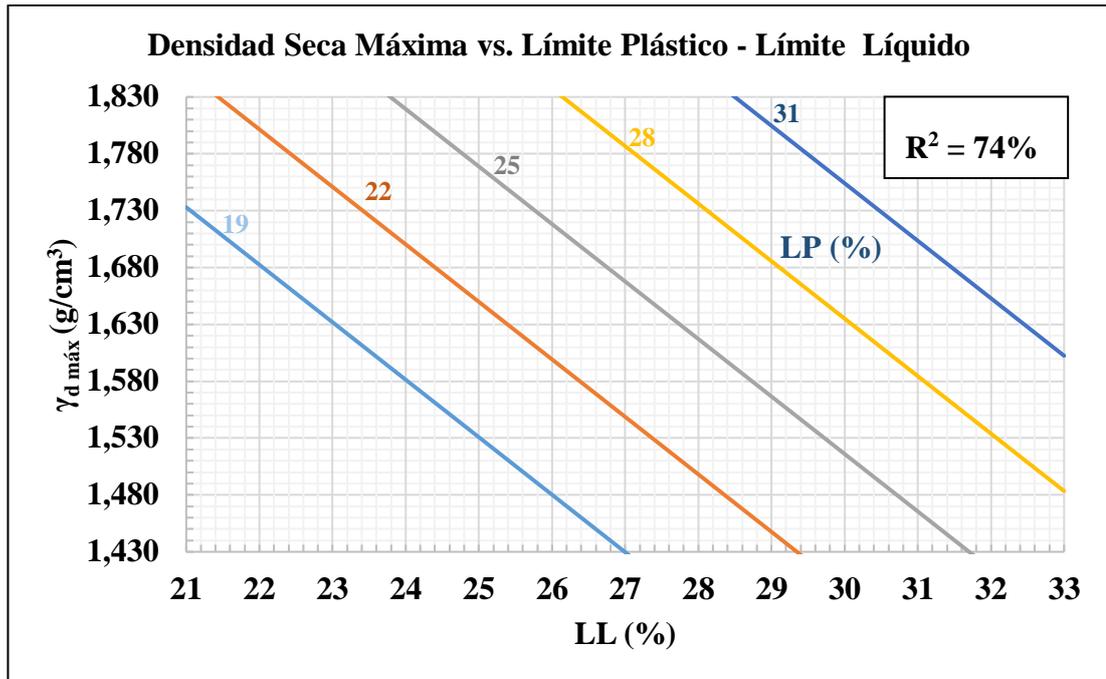
**Figura 36.** Correlación  $\gamma_{d \text{ máx.}}$  vs.  $W_{\text{ópt}}$

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

- Ecuación:  $\gamma_{d \text{ máx.}} = -0,0051(W_{\text{ópt}})^2 + 0,156 (W_{\text{ópt}}) + 0,5374$
- Coeficiente de correlación  $R^2$  (%): 64,59 %
- Análisis e interpretación:

La correlación resultante entre densidad seca máxima ( $\gamma_{d \text{ máx.}}$ ) vs. humedad óptima ( $W_{\text{ópt}}$ ) es regular, con un coeficiente de correlación  $R^2$  de 65%, se obtuvo mediante una correlación polinómica simple. Para el análisis realizado se utilizó 11 muestras con rangos para  $\gamma_{d \text{ máx.}}$  entre 1,430 – 1,830  $\text{g/cm}^3$  y para  $W_{\text{ópt}}$  rangos entre 15 – 23 %, eliminando la muestra P2 porque generaba un mayor valor de residuos cuadrados.

Existe una relación inversamente proporcional entre las propiedades analizadas, es decir, mientras mayor contenido de humedad se necesite para llegar a la humedad óptima, la densidad seca máxima resultante va a ser baja por lo que el suelo va a ser menos denso. Además, a medida que aumente la humedad, el agua va a empezar a reemplazar las partículas de suelo, teniendo en cuenta que la densidad del agua es menor que el suelo, va a provocar que la densidad de campo se reduzca.



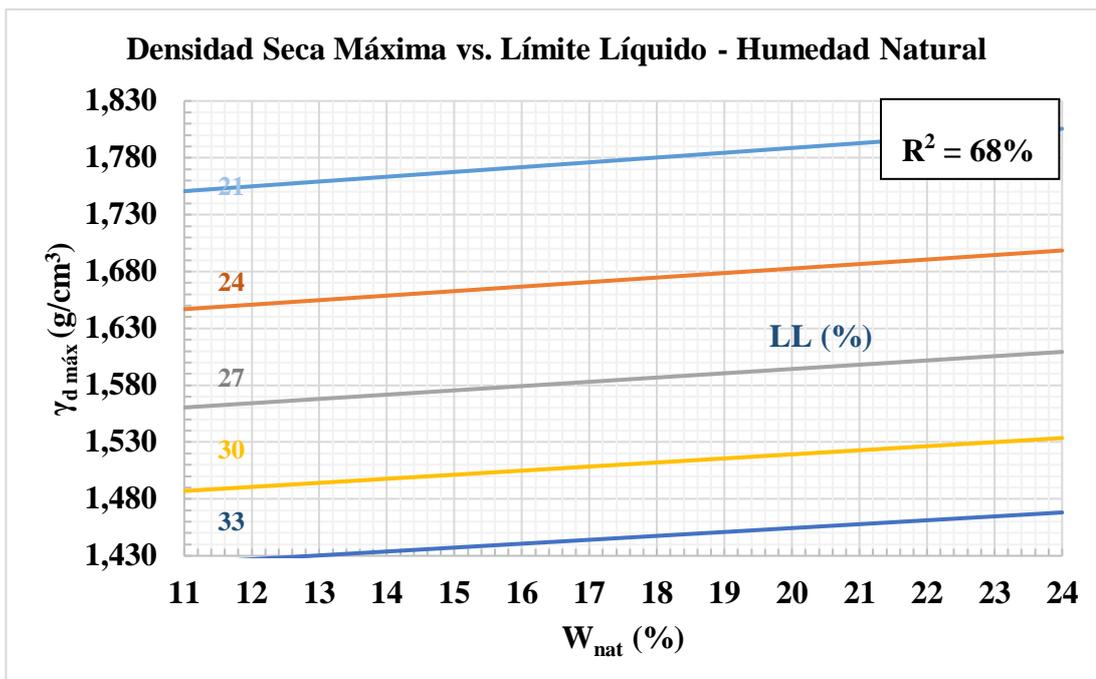
**Figura 37.** Correlación  $\gamma_{d \text{ máx.}}$  vs. LP - LL

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

- Ecuación:  $\gamma_{d \text{ máx.}} = 2.0409 - 0,0505 (LL) + 0,0396 (LP)$
- Coeficiente de determinación  $R^2$  (%): 74,19 %
- Análisis e interpretación:

La correlación resultante entre  $\gamma_{d \text{ máx.}}$  vs. LP –LL es regular, con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 74%, se obtuvo mediante una correlación lineal múltiple. Para el análisis realizado se utilizó 11 muestras con rangos para  $\gamma_{d \text{ máx.}}$  entre 1,430 – 1,830 g/cm<sup>3</sup>, para LP entre 19 – 31 % y para LL entre 21 – 33 %, eliminando la muestra P11 porque generaba un mayor valor de residuos cuadrados.

Existe una relación inversamente proporcional entre  $\gamma_{d \text{ máx.}}$  y LL, a medida que un suelo necesite más humedad para pasar de su estado plástico a líquido va a ser menos denso. Además, es directamente proporcional entre  $\gamma_{d \text{ máx.}}$  y LP, a medida que un suelo necesite mayor humedad para pasar de su estado sólido a plástico va a ser más denso hasta un cierto estado y logré alcanzar la humedad óptima y el suelo que se encuentre en un estado plástico y al aumentar agua va a alcanzar su límite líquido bajando la densidad, típico de los suelos arenosos.



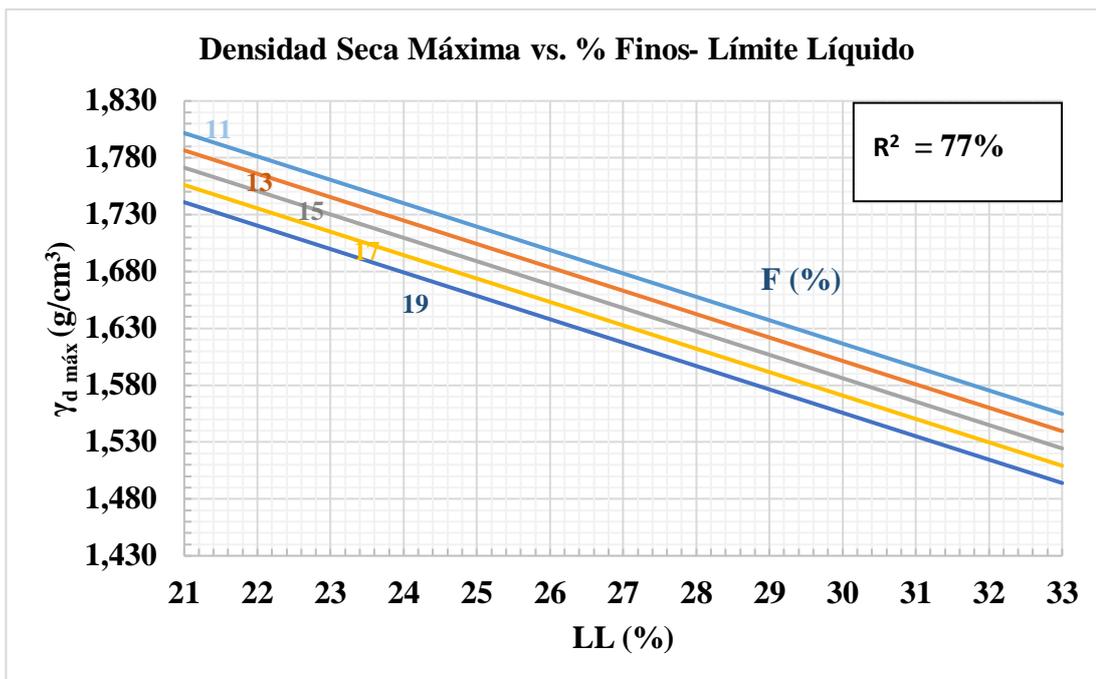
**Figura 38.** Correlación  $\gamma_{d \text{ máx.}}$  vs. LL -  $W_{\text{nat}}$

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

- Ecuación: 
$$\gamma_{d \text{ máx.}} = \frac{6,4161 * (W_{\text{nat}})^{0,0396}}{(LL)^{0,4578}}$$
- Coeficiente de determinación  $R^2$  (%): 68,13 %
- Análisis e interpretación:

La correlación resultante entre  $\gamma_{d \text{ máx.}}$  vs. LL -  $W_{\text{nat}}$  es regular, con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 68%, se obtuvo mediante una correlación potencial múltiple. Para el análisis realizado se utilizó 11 muestras con rangos para  $\gamma_{d \text{ máx.}}$  entre 1,430 – 1,830 g/cm<sup>3</sup>, para LL rangos entre 21 – 33 % y para  $W_{\text{nat}}$  rangos entre 11 – 24 %, eliminando la muestra P6 porque generaba un mayor valor de residuos cuadrados.

Existe una relación inversamente proporcional entre  $\gamma_{d \text{ máx.}}$  y LL y su vez directamente proporcional entre  $\gamma_{d \text{ máx.}}$  y  $W_{\text{nat}}$ . Mientras se vaya incrementando contenido de agua y la humedad natural se vaya acercando más a la humedad óptima el suelo tiende a ser más denso.



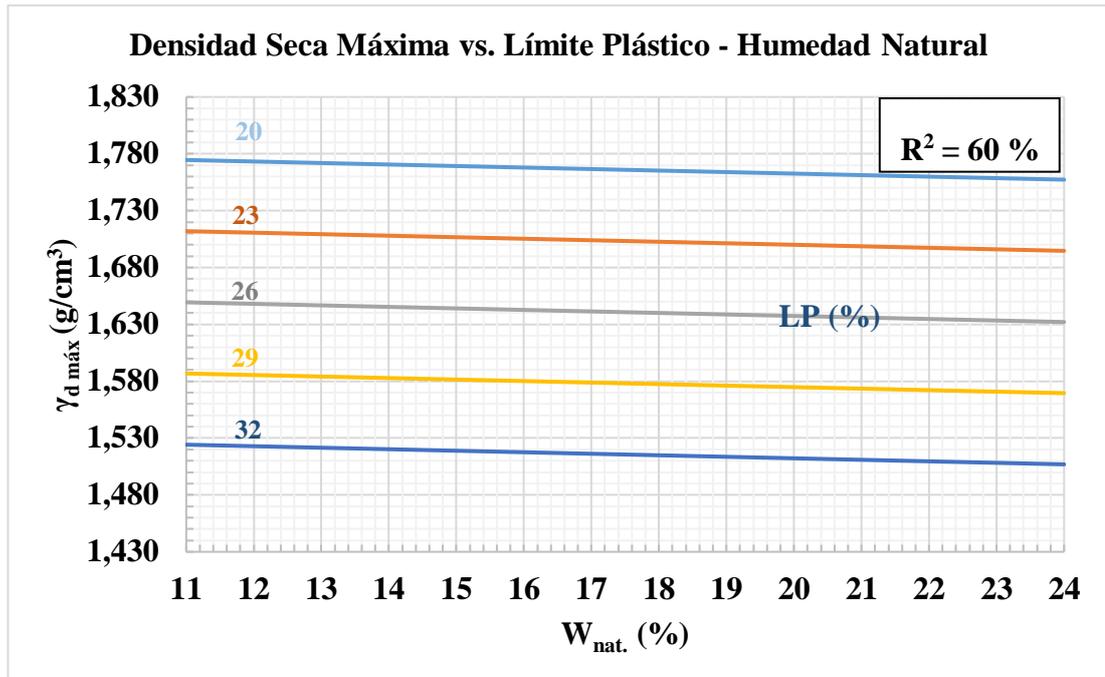
**Figura 39.** Correlación  $\gamma_{d \text{ máx}}$ . vs. F - LL

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

- Ecuación:  $\gamma_{d \text{ máx}} = 2,3175 - 0,0206 (LL) - 0,0076 (\#200)$
- Coeficiente de determinación  $R^2$  (%): 76,86 %
- Análisis e interpretación:

La correlación resultante entre  $\gamma_{d \text{ máx}}$ . vs. F – LL es regular, con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 77%, se obtuvo mediante una correlación lineal múltiple. Para el análisis realizado se utilizó 11 muestras con rangos para  $\gamma_{d \text{ máx}}$  entre 1,430 – 1,830 g/cm<sup>3</sup>, para #200 entre 12 – 18 % y para LL entre 21 – 33 %, eliminando la muestra P1 porque generaba un mayor valor de residuos cuadrados.

Existe una relación inversamente proporcional entre  $\gamma_{d \text{ máx}}$  y LL, mientras más humedad necesite para llegar a su condición líquida va a ser menos denso. Además, es inversamente proporcional entre  $\gamma_{d \text{ máx}}$  y Finos, si un suelo presenta menor cantidad de partículas finas va a tener mayor  $\gamma_{d \text{ máx}}$  haciendo que sea más denso. Siempre que un suelo contenga menor cantidad de partículas finas su densidad va a ser menor, sin embargo, si se trata de suelos granulares, a mayor cantidad mayor densidad.



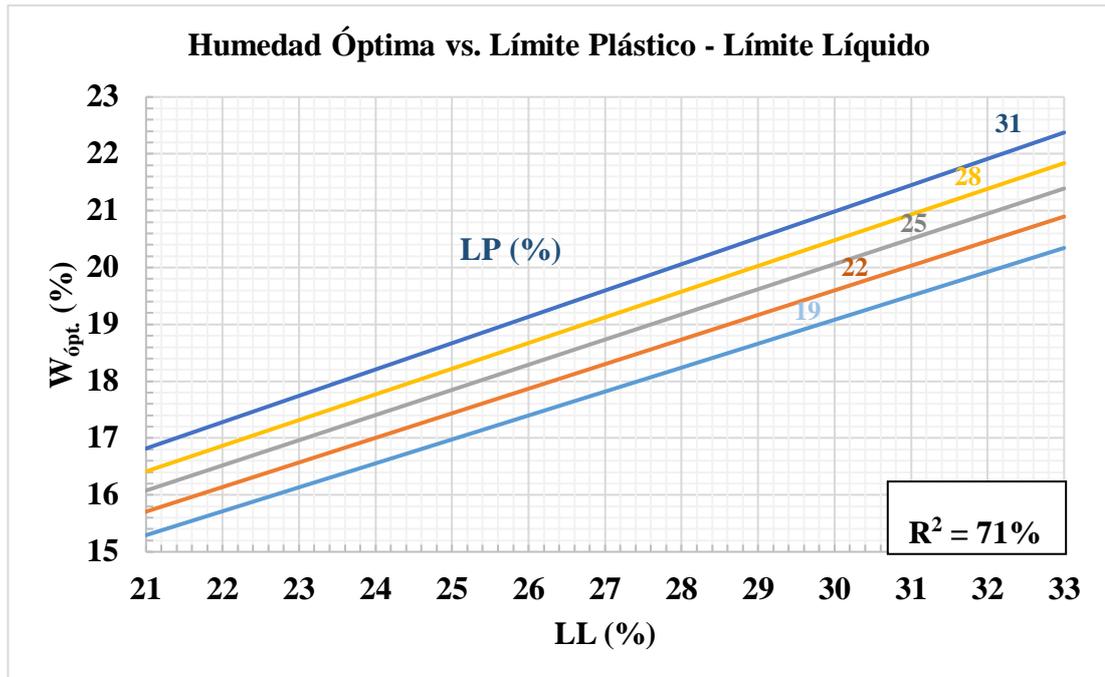
**Figura 40.** Correlación  $\gamma_{d \text{ máx.}}$  vs. LP –  $W_{\text{nat.}}$

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

- Ecuación:  $\gamma_{d \text{ máx.}} = 2,2065 - 0,0013 (W_{\text{nat.}}) - 0,0209 (LP)$
- Coeficiente de determinación  $R^2$  (%): 59,83 %
- Análisis e interpretación:

La correlación resultante entre  $\gamma_{d \text{ máx.}}$  vs. LP –  $W_{\text{nat.}}$  es regular, con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 60%, se obtuvo mediante una correlación lineal múltiple. Para el análisis realizado se utilizó 10 muestras con rangos para  $\gamma_{d \text{ máx.}}$  con entre 1,430 – 1,830  $\text{g/cm}^3$ , para LP entre 20 – 32 % y para  $W_{\text{nat.}}$  entre 11 – 24 %, eliminando las muestras P1-P2 porque generaba un mayor valor de residuos cuadrados.

Existe una relación inversamente proporcional entre las tres variables, mientras aumenta la  $W_{\text{nat.}}$  se tiene una menor  $\gamma_{d \text{ máx.}}$ , se observa que  $W_{\text{nat.}}$  no influye en gran medida en la  $\gamma_{d \text{ máx.}}$  ya que al tomar un mínimo y máximo no se producen cambios significativos. Por otro lado, a mayor LP se tiene una  $\gamma_{d \text{ máx.}}$  menor, mientras necesite mayor humedad para llegar a su estado plástico va a tener una baja  $\gamma_{d \text{ máx.}}$ .



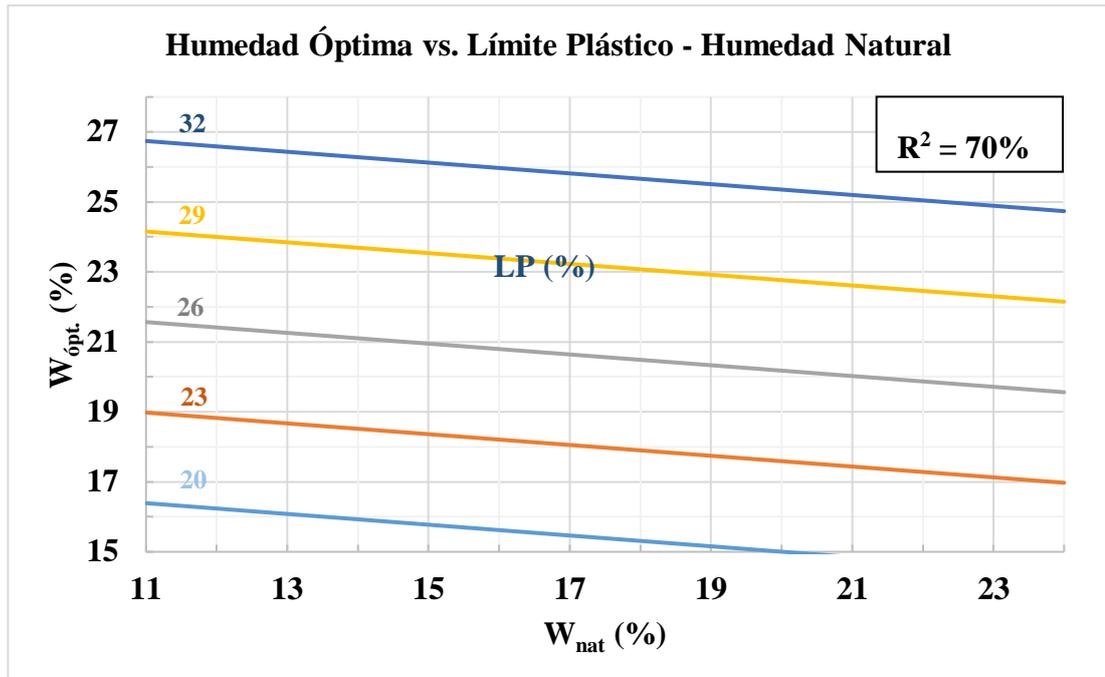
**Figura 41.** Correlación  $W_{\text{ópt.}}$  vs. LP - LL

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

- Ecuación:  $W_{\text{ópt.}} = 1,3064 * (LL)^{0,6316} * (LP)^{0,1824}$
- Coeficiente de determinación  $R^2$  (%): 71,37 %
- Análisis e interpretación:

La correlación resultante entre  $W_{\text{ópt.}}$  vs. LP –LL es regular, con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 71%, se obtuvo mediante una correlación potencial múltiple. Para el análisis realizado se utilizó 11 muestras con rangos para  $W_{\text{ópt.}}$  entre 15 – 23 %, para LP entre 19 – 31 % y para LL rangos entre 21 – 33 %, eliminando la muestra P3 porque generaba un mayor valor de residuos cuadrados.

Existe una relación directamente entre las tres propiedades, un suelo que necesite mayor humedad para llegar a su estado líquido, su estado plástico va a ser mayor y a su vez va a incrementarse la humedad óptima. La explicación reside en que mientras más finos haya en un suelo va a incrementarse su LL y LP haciendo que tenga una mejor absorción del agua, sucede en los suelos más finos como arenas limosas.



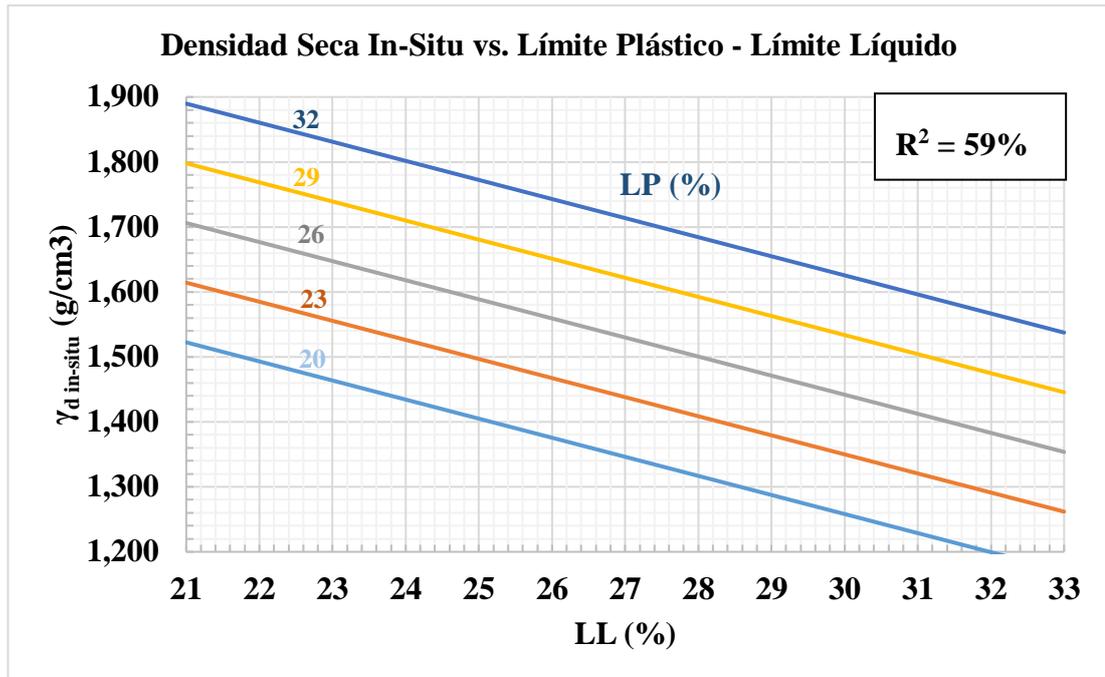
**Figura 42.** Correlación  $W_{\text{ópt.}}$  vs.  $LP - W_{\text{nat.}}$

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

- Ecuación:  $W_{\text{ópt.}} = 0,1873 - 0,1191 (W_{\text{nat.}}) + 0,8737 (LP)$
- Coeficiente de determinación  $R^2$  (%): 69,80 %
- Análisis e interpretación:

La correlación resultante entre  $W_{\text{ópt.}}$  vs.  $LP - W_{\text{nat.}}$  es regular, con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 70%, se obtuvo mediante una correlación lineal múltiple. Para el análisis realizado se utilizó 11 muestras con rangos para  $W_{\text{ópt.}}$  entre 15 – 23 %, para LP entre 20 – 32 % y para  $W_{\text{nat}}$  rangos entre 11 – 24 %, eliminando la muestra P4 porque generaba un mayor valor de residuos cuadrados.

Existe una relación inversamente proporcional entre  $W_{\text{ópt.}}$  y  $W_{\text{nat.}}$ , y directamente proporcional entre  $W_{\text{ópt.}}$  y LP. Mientras más presencia de agua la  $W_{\text{nat}}$  va a aumentar hasta cierto punto en que se iguale a la  $W_{\text{ópt.}}$ , y en el caso de continuar incrementándose agua su  $W_{\text{nat}}$  va a crecer y a bajar la  $W_{\text{ópt.}}$ . Además, mientras un suelo sea menos plástico, típico de suelos granulares, su humedad óptima empezará a bajar y en campo no se necesitará gran cantidad de agua para la compactación.



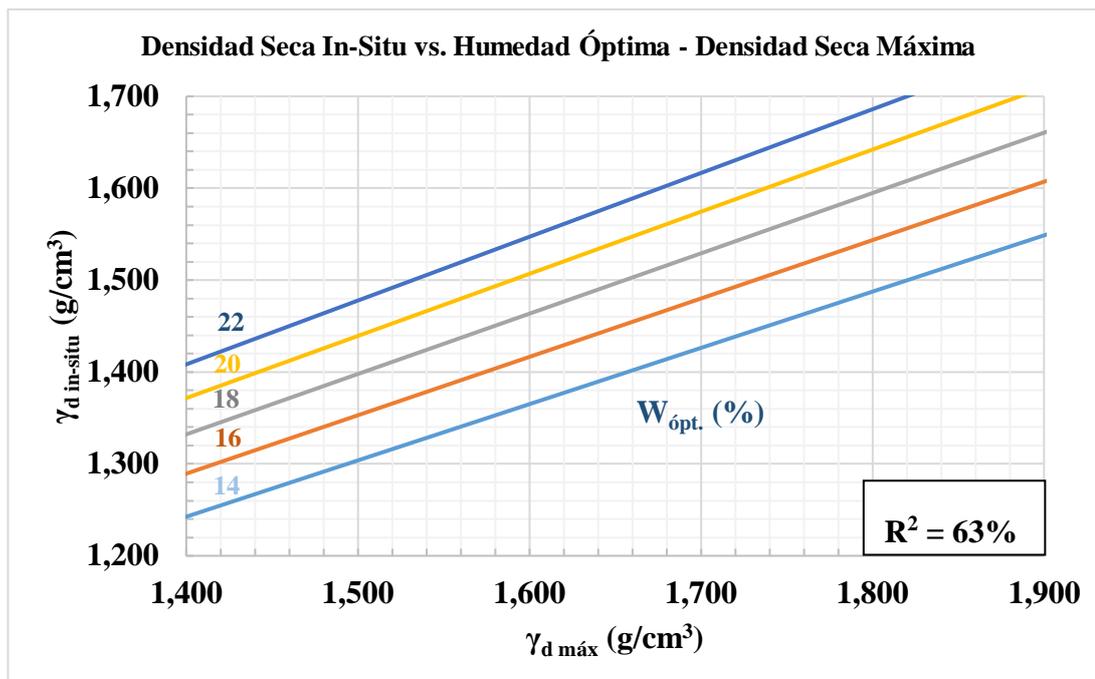
**Figura 43.** Correlación  $\gamma_{d \text{ in-situ}}$  vs. LP - LL

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

- Ecuación:  $\gamma_{d \text{ in-situ}} = 3,2159 - 1,7026 \log (LL) + 0,0285 (LP)$
- Coeficiente de determinación  $R^2$  (%): 59,03 %
- Análisis e interpretación:

La correlación resultante entre  $\gamma_{d \text{ in-situ}}$ .vs. LP –LL es mínima, con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 59%, se obtuvo mediante una correlación logarítmica múltiple. Para el análisis realizado se utilizó 10 muestras con rangos para  $\gamma_{d \text{ in-situ}}$ . con rangos entre 1,400 – 1,600 g/cm<sup>3</sup>, para LP entre 20 – 32 % y para LL entre 21 – 33 %, eliminando las muestras P5-P8 porque generaba un mayor valor de residuos cuadrados.

Existe una relación inversamente proporcional entre  $\gamma_{d \text{ in-situ}}$ . y LL, y directamente proporcional entre  $\gamma_{d \text{ in-situ}}$ . y LP. Mientras mayor sea el limite liquido menor será la densidad de campo porque el suelo se empieza a hacer plástico. Además, para que su LP sea elevado puede deberse a que no existe gran cantidad de finos en el suelo.



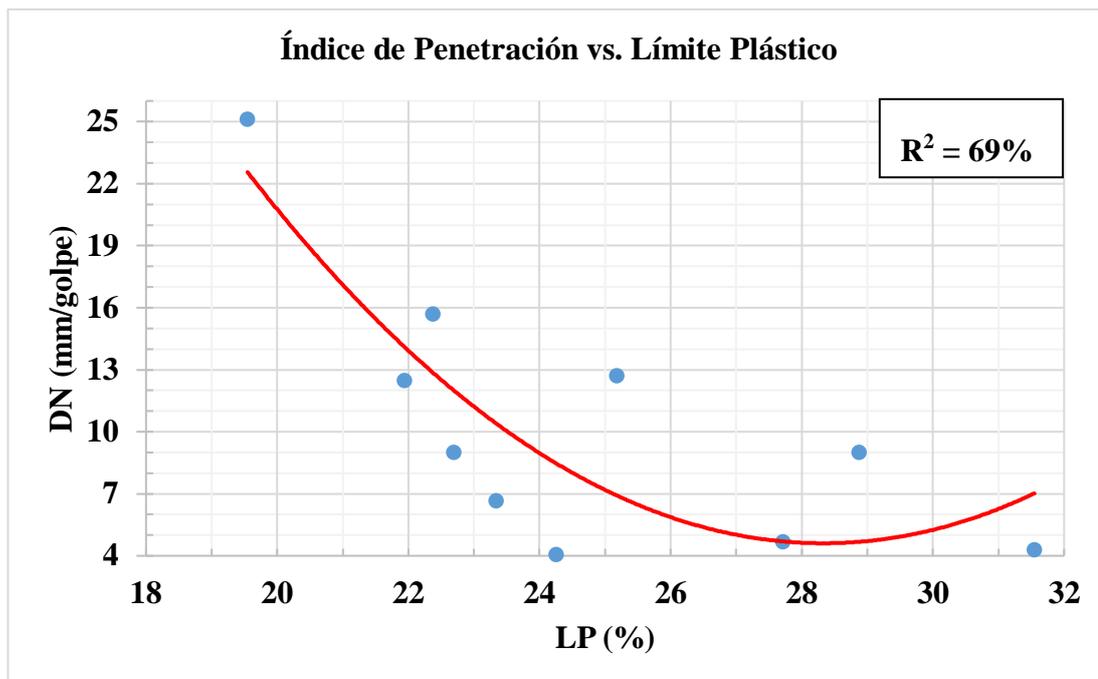
**Figura 44.** Correlación  $\gamma_{d \text{ in-situ}}$  vs.  $W_{\text{ópt.}}$  -  $\gamma_{d \text{ máx.}}$

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

- Ecuación:  $\gamma_{d \text{ in-situ}} = 0,1461 + 0,6014 (\gamma_{d \text{ máx.}}) + 0,0204 (W_{\text{ópt.}})$
- Coeficiente de determinación  $R^2$  (%): 63,35 %
- Análisis e interpretación:

La correlación resultante entre  $\gamma_{d \text{ in-situ}}$  vs.  $W_{\text{ópt.}}$  -  $\gamma_{d \text{ máx.}}$  es regular, con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 63%, se obtuvo mediante una correlación lineal múltiple. Para el análisis realizado se utilizó 10 muestras con rangos para  $\gamma_{d \text{ in-situ}}$  entre 1,400 – 1,600 g/cm<sup>3</sup>, para  $W_{\text{ópt.}}$  entre 15 – 23 % y para  $\gamma_{d \text{ máx.}}$  entre 1,430 – 1,830 g/cm<sup>3</sup>, eliminando las muestras P6-P9 porque generaba un mayor valor de residuos cuadrados.

Existe una relación directamente proporcional entre las tres propiedades, a medida que un suelo necesite mayor humedad para llegar a su estado óptimo y a su vez obtenga una densidad seca máxima, va a tener una densidad in situ mucho más alta. Además, no siempre que aumente su humedad óptima va a aumentar su densidad de campo, si sobrepasa el límite de humedad óptima va a disminuir su densidad.



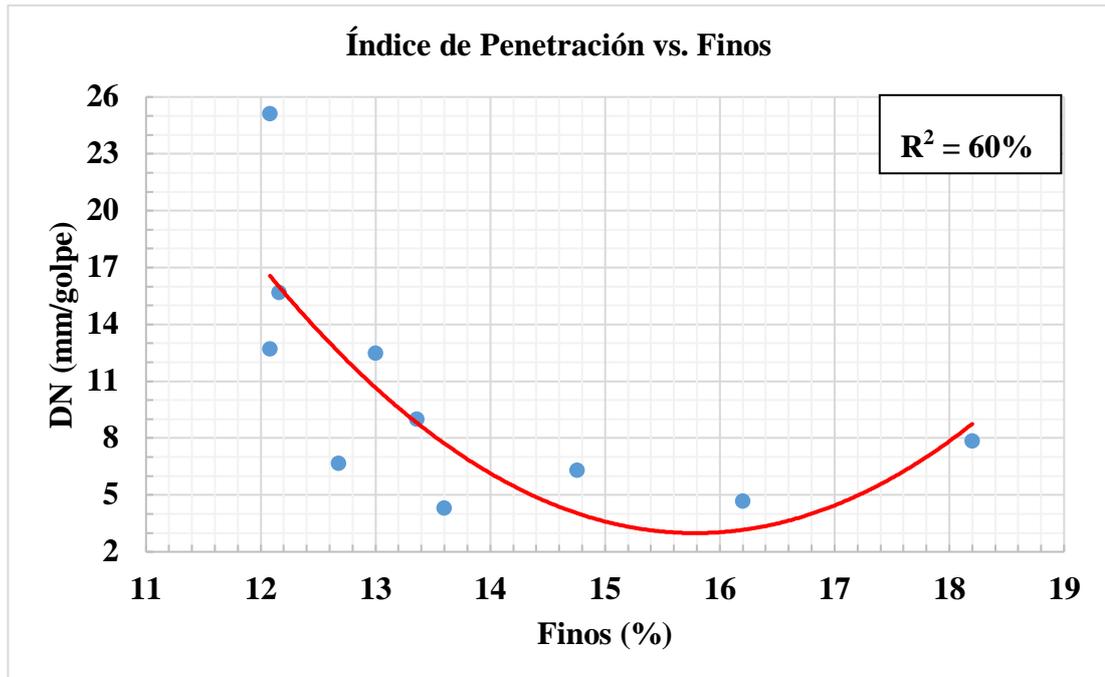
**Figura 45.** Correlación DN vs. LP

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

- Ecuación:  $DN = 0,2328 (LP)^2 - 13,188 (LP) + 191,41$
- Coeficiente de correlación  $R^2$  (%): 68,73 %
- Análisis e interpretación:

La correlación resultante entre índice de penetración (DN) vs. límite plástico (LP) es regular, con un coeficiente de correlación  $R^2$  de 69%, se obtuvo mediante una correlación polinómica simple. Para el análisis realizado se utilizó 10 muestras con rangos para DN entre 2 – 27 mm/golpe y para LP rangos entre 18 – 32 %, eliminando las muestras P10-P12 porque generaba un mayor valor de residuos cuadrados.

Se observa que existe una relación inversamente proporcional entre las propiedades analizadas, es decir, mientras el suelo necesite mayor humedad para llegar a su condición plástica va a ser más resistente, por ende, el índice de penetración será bajo por lo que el suelo va a tener resistencia al corte. En suelos que contengan mayor cantidad de finos van a tener una resistencia al corte indirecta menor porque los suelos finos no tienen fricción.



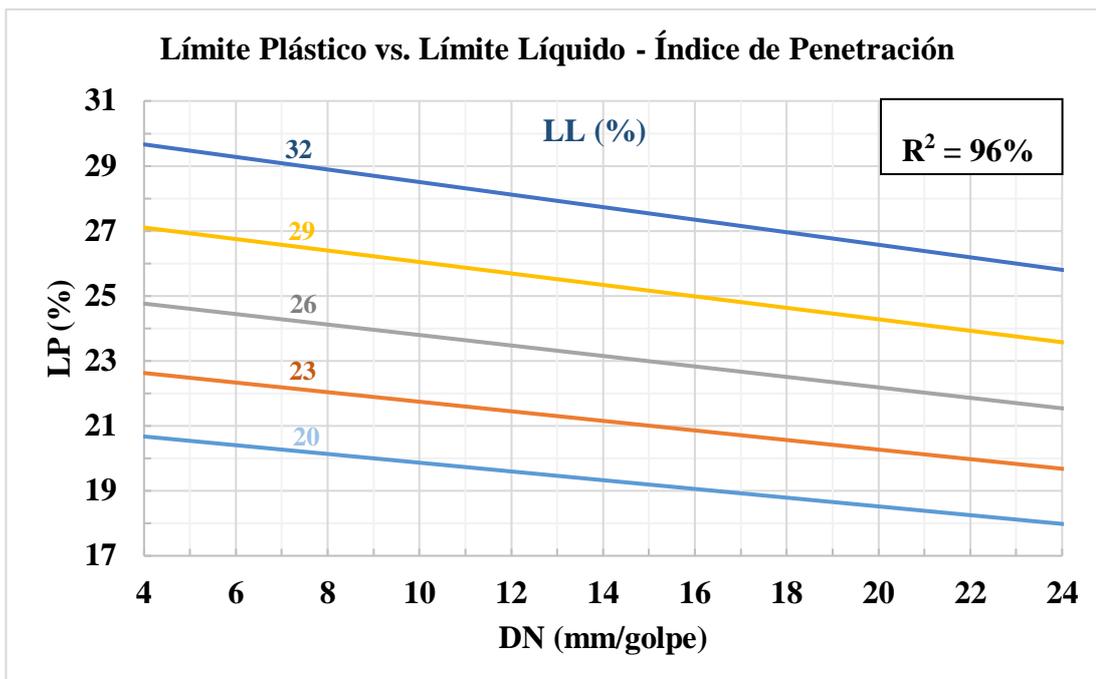
**Figura 46.** Correlación DN vd. %Pasa #200

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

- Ecuación:  $DN = 0,9888 (\#200)^2 - 31,217 (\#200) + 249,38$
- Coeficiente de correlación  $R^2$  (%): 59,87 %
- Análisis e interpretación:

La correlación resultante entre índice de penetración (DN) vs. %Pasa #200 (#200) es regular, con un coeficiente de correlación  $R^2$  de 60%, se obtuvo mediante una correlación polinómica simple. Para el análisis realizado se utilizó 10 muestras con rangos para DN entre 2 – 26 mm/golpe y para #200 rangos entre 12 – 18 %, eliminando las muestras P3-P6 porque generaba un mayor valor de residuos cuadrados.

Se observa que mientras se incrementa el porcentaje de finos su índice de penetración va a disminuir, sin embargo, según la gráfica a partir de un cierto porcentaje mayor de finos el índice se va a incrementar teniendo lógica ya que al presentar un considerable porcentaje de finos el suelo va a dejar de ser friccionante y por ende no va a ser capaz de presentar resistencia a la penetración del cono dinámico de penetración.



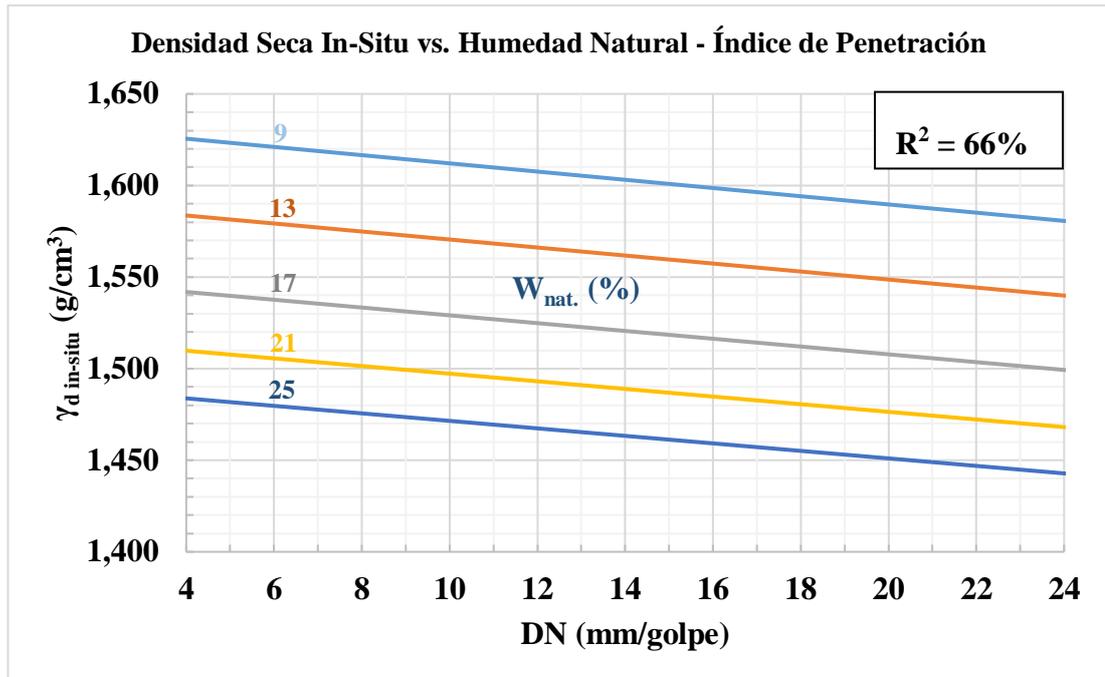
**Figura 47.** Correlación LP vs. LL - DN

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

- Ecuación: 
$$LP = \frac{11,6476 * e^{0,0301 (LL)}}{e^{0,007 (DN)}}$$
- Coeficiente de determinación  $R^2$  (%): 95,94 %
- Análisis e interpretación:

La correlación resultante entre LP vs. LL –DN es excelente, con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 96%, se obtuvo mediante una correlación exponencial múltiple. Para el análisis realizado se utilizó 11 muestras con rangos para LP entre 19 – 32 %, para LL entre 22 – 33 % y para DN rangos entre 4 – 24 mm/golpe, eliminando la muestra P1 porque generaba un mayor valor de residuos cuadrados.

Existe una relación inversamente entre LP y DN, un suelo que no sea resistente al corte, es decir su DN sea alto va a necesitar mayor humedad para llegar a su condición plástica. Además, es directamente proporcional entre LP y LL, mientras más humedad necesite el suelo para llegar a su condición líquida, va a suceder lo mismo para pasar de su estado sólido a plástico. Además, mientras mayor sea el LL del suelo va a tener mayor índice de plasticidad, produciendo que las partículas finas se mantengan más unidas.



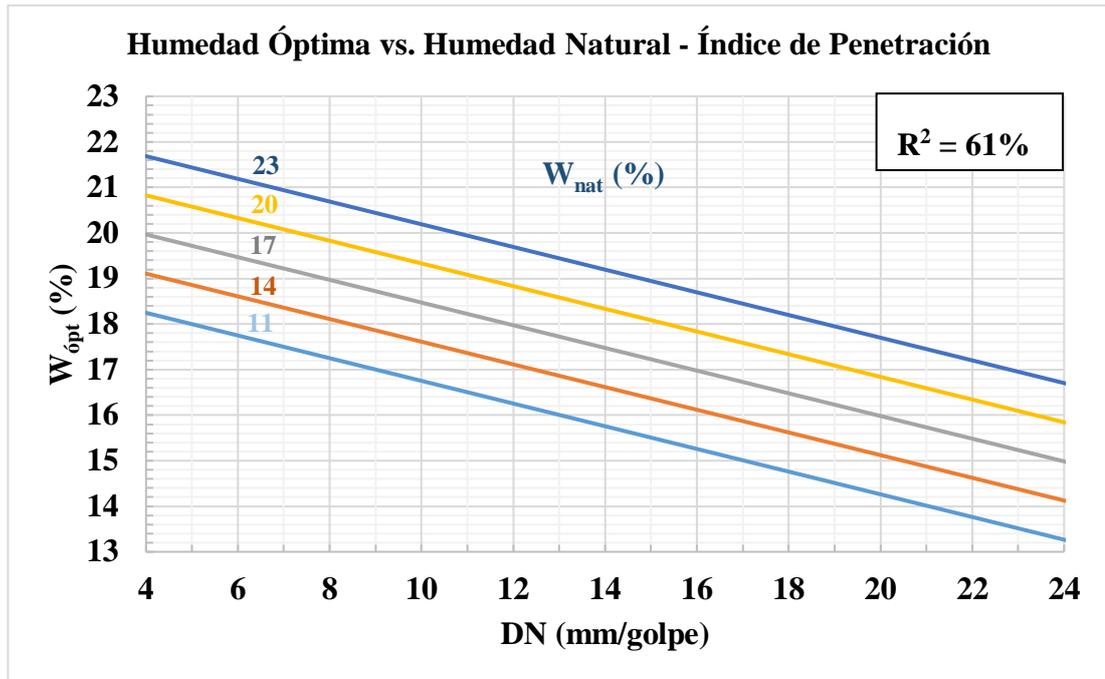
**Figura 48.** Correlación  $\gamma_{d \text{ in-situ}}$  vs.  $W_{nat}$  - DN

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

- Ecuación:  $\gamma_{d \text{ in-situ}} = 1,7489 - 0,0588 \log(DN) - 0,0095(W_{nat})$
- Coeficiente de determinación  $R^2$  (%): 65,62 %
- Análisis e interpretación:

La correlación resultante entre  $\gamma_{d \text{ in-situ}}$  vs.  $W_{nat}$  - DN es regular, con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 66%, se obtuvo mediante una correlación logarítmica múltiple. Para el análisis realizado se utilizó 11 muestras con rangos para  $\gamma_{d \text{ in-situ}}$  entre 1,400 – 1,600 g/cm<sup>3</sup>, para  $W_{nat}$  entre 10 – 24 % y para DN entre 4 – 24 mm/golpe, eliminando la muestra P1 porque generaba un mayor valor de residuos cuadrados.

Existe una relación inversamente proporcional entre  $\gamma_{d \text{ in-situ}}$  y DN, es decir un suelo que tenga alto su DN significa que no es resistente al corte, por ende, su  $\gamma_{d \text{ in-situ}}$  va a ser baja indicando que es un suelo con partículas sueltas. Además, se observa que mientras menor contenido de humedad natural tiene el suelo su densidad va a ser mayor, es lógico porque la densidad del agua es menor a la densidad del suelo, por ende, al no haber agua la densidad va a ser alta.



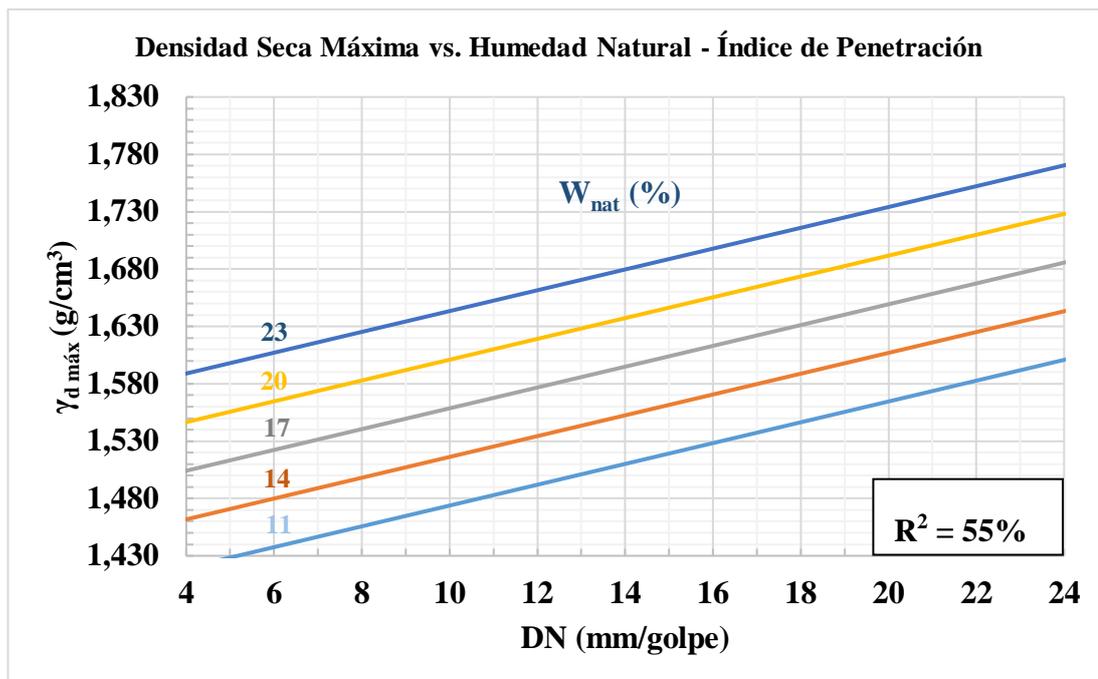
**Figura 49.** Correlación  $W_{\text{ópt}}$  vs.  $W_{\text{nat}}$  - DN

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

- Ecuación:  $W_{\text{ópt}} = 16,0924 - 0,2491(\text{DN}) + 0,2865(W_{\text{nat}})$
- Coeficiente de determinación  $R^2$  (%): 61,18 %
- Análisis e interpretación:

La correlación resultante entre  $W_{\text{ópt}}$  vs.  $W_{\text{nat}} - \text{DN}$  es regular, con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 61%, se obtuvo mediante una correlación lineal múltiple. Para el análisis realizado se utilizó 11 muestras con rangos para  $W_{\text{ópt}}$ , entre 15 – 23 %, para  $W_{\text{nat}}$  entre 11 – 23 % y para DN entre 4 – 24 mm/golpe, eliminando la muestra P5 porque generaba un mayor valor de residuos cuadrados.

Se observa que mientras más contenido de humedad tenga el suelo, su humedad óptima va a ser aún más elevada, sin embargo, si la humedad natural llega a acercarse o igualar a la humedad óptima, esta tiende a disminuir ocasionando que el índice de penetración aumente su número de golpes indicando pérdida de resistencia en el suelo



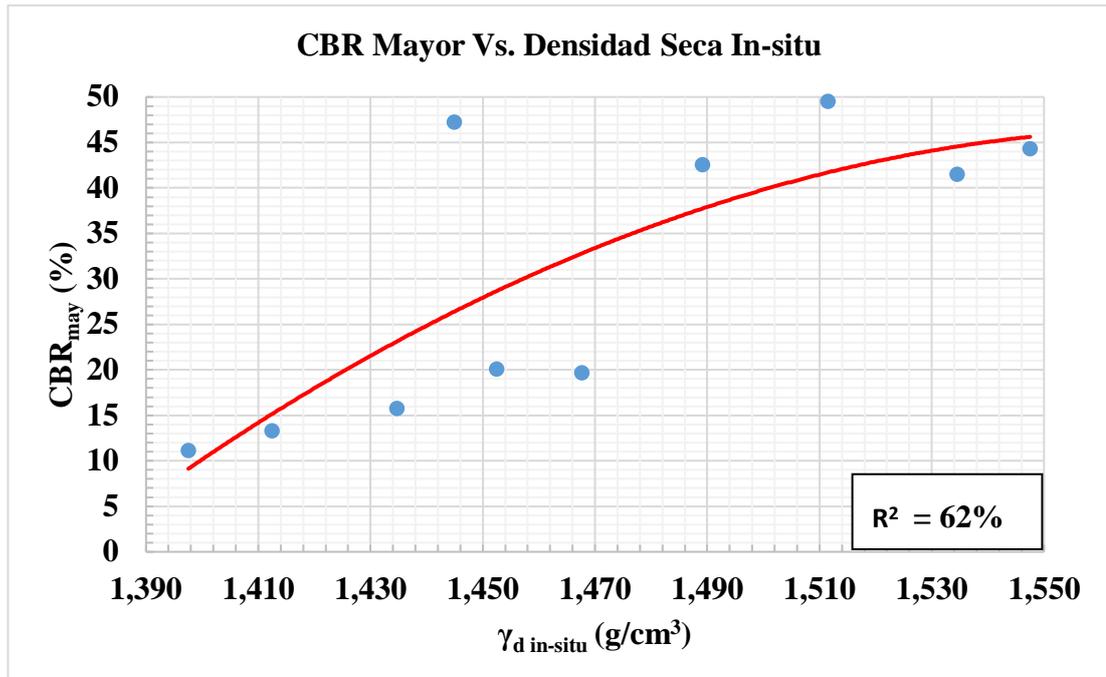
**Figura 50.** Correlación  $\gamma_{d \text{ máx.}}$  vs.  $W_{\text{nat.}}$  - DN

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

- Ecuación:  $\gamma_{d \text{ máx.}} = 1,0528 + 0,2347 \log (\text{DN}) + 0,016 (W_{\text{nat.}})$
- Coeficiente de determinación  $R^2$  (%): 55,22 %
- Análisis e interpretación:

La correlación resultante entre  $\gamma_{d \text{ máx.}}$  vs.  $W_{\text{nat.}}$  - DN es mínima, con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 55%, se obtuvo mediante una correlación logarítmica múltiple. Para el análisis realizado se utilizó 10 muestras con rangos para  $\gamma_{d \text{ máx.}}$  entre 1,430 – 1,830 g/cm<sup>3</sup>, para  $W_{\text{nat.}}$  entre 11 – 23 % y para DN entre 4 – 24 mm/golpe, eliminando las muestras P3-P5 porque generaba un mayor valor de residuos cuadrados.

Existe una relación directamente proporcional entre  $\gamma_{d \text{ máx.}}$  y DN, un suelo que sea poco resistente al corte y por ende presente un DN alto significa que sus partículas están dispersas y cuando se realice la compactación su  $\gamma_{d \text{ máx.}}$  va a incrementarse considerablemente. Además, es directamente proporcional entre  $\gamma_{d \text{ máx.}}$  y  $W_{\text{nat.}}$ , mientras mayor contenido de humedad in-situ tenga el suelo mayor va a ser  $\gamma_{d \text{ máx.}}$ .



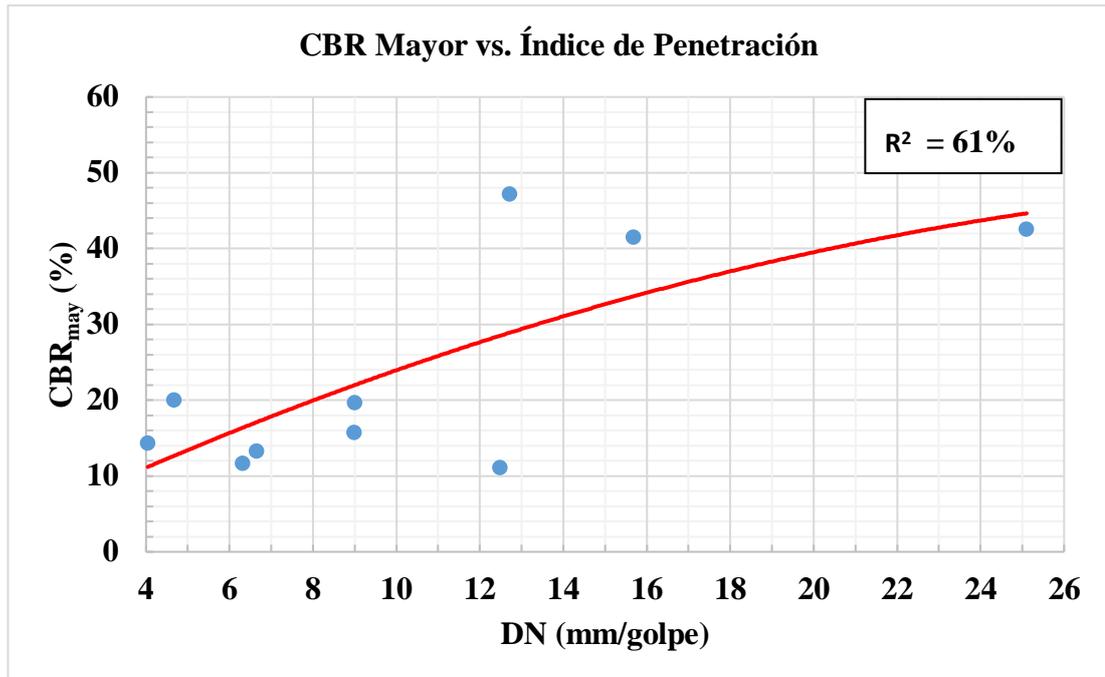
**Figura 51.** Correlación  $\text{CBR}_{\text{may}}$ . VS.  $\gamma_{d \text{ in-situ}}$ .

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

- Ecuación:  $\text{CBR}_{\text{may}} = -1181, (\gamma_{d \text{ in-situ}})^2 + 3721,8 (\gamma_{d \text{ in-situ}}) - 2885,2$
- Coeficiente de correlación  $R^2$  (%): 62,23 %
- Análisis e interpretación:

La correlación resultante entre  $\text{CBR}_{\text{may}}$ . VS.  $\gamma_{d \text{ in-situ}}$  es regular, con un coeficiente de correlación  $R^2$  de 62 %, se obtuvo mediante una correlación polinómica simple. Para el análisis realizado se utilizó 10 muestras con rangos para  $\text{CBR}_{\text{may}}$  entre 0 – 50 % y para  $\gamma_{d \text{ in-situ}}$  rangos entre 1,400 – 1,600  $\text{g/cm}^3$ , eliminando las muestras P3-P10 porque generaba un mayor valor de residuos cuadrados.

Existe una relación directamente proporcional entre  $\text{CBR}_{\text{may}}$ . y  $\gamma_{d \text{ in-situ}}$ , se observa que si en campo se presenta un suelo compacto, que no tenga espacios vacíos al momento de obtener su valor de CBR va a ser alto, indicando que es un suelo resistente y capaz de soportar cargas.



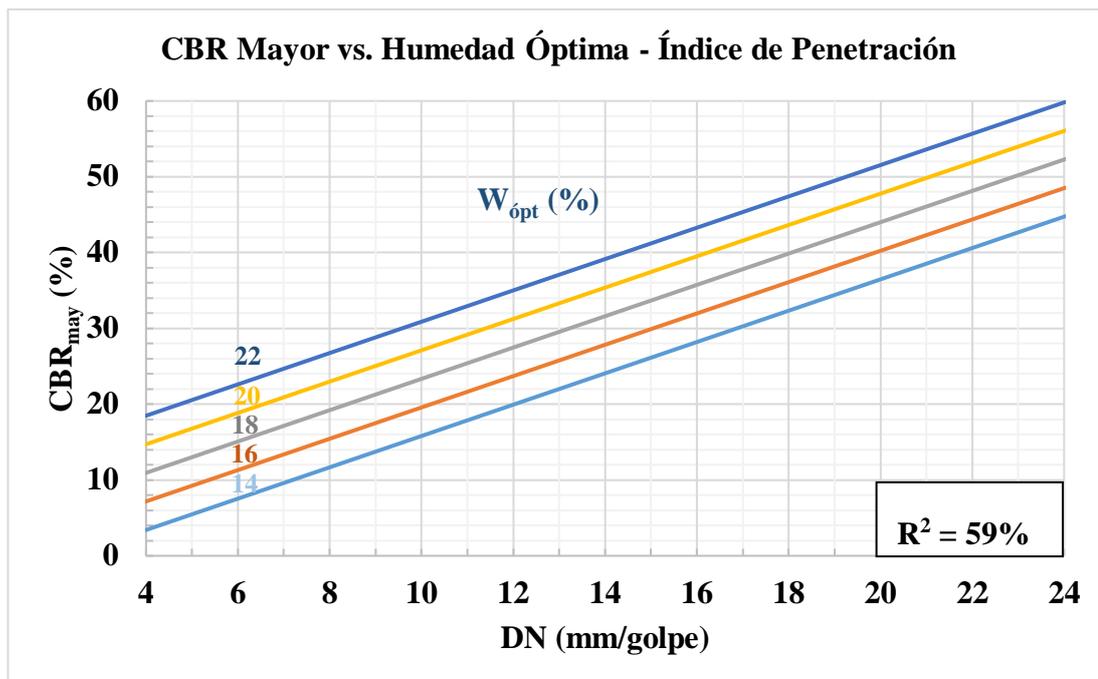
**Figura 52.** Correlación CBR<sub>may</sub> vs. DN

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

- Ecuación:  $CBR_{may} = -0,0755 (DN)^2 + 3,937 (DN) - 5,2964$
- Coeficiente de correlación  $R^2$  (%): 61,07 %
- Análisis e interpretación:

La correlación resultante entre CBR<sub>may</sub> vs. DN es regular, con un coeficiente de correlación  $R^2$  de 61%, se obtuvo mediante una correlación polinómica simple. Para el análisis realizado se utilizó 11 muestras con rangos para DN, entre 2 – 26 % y para CBR<sub>may</sub> rangos entre 0 - 50 %, eliminando la muestra P4 porque generaba un mayor valor de residuos cuadrados.

Existe una relación directamente proporcional entre las dos propiedades analizadas, mientras el suelo presente poca resistencia al corte su DN va a ir incrementándose y su vez se obtendrá un CBR<sub>may</sub> alto. Existe una contradicción con la teoría, ya que al no presentar resistencia al corte significa que el suelo contiene alto porcentaje de partículas finas y por ende no va a tener un CBR elevado, sin embargo, puede ser que las partículas de suelo estén dispersas y al realizar la compactación se eliminen esos espacios intergranulares y se logre alcanzar un CBR elevado.



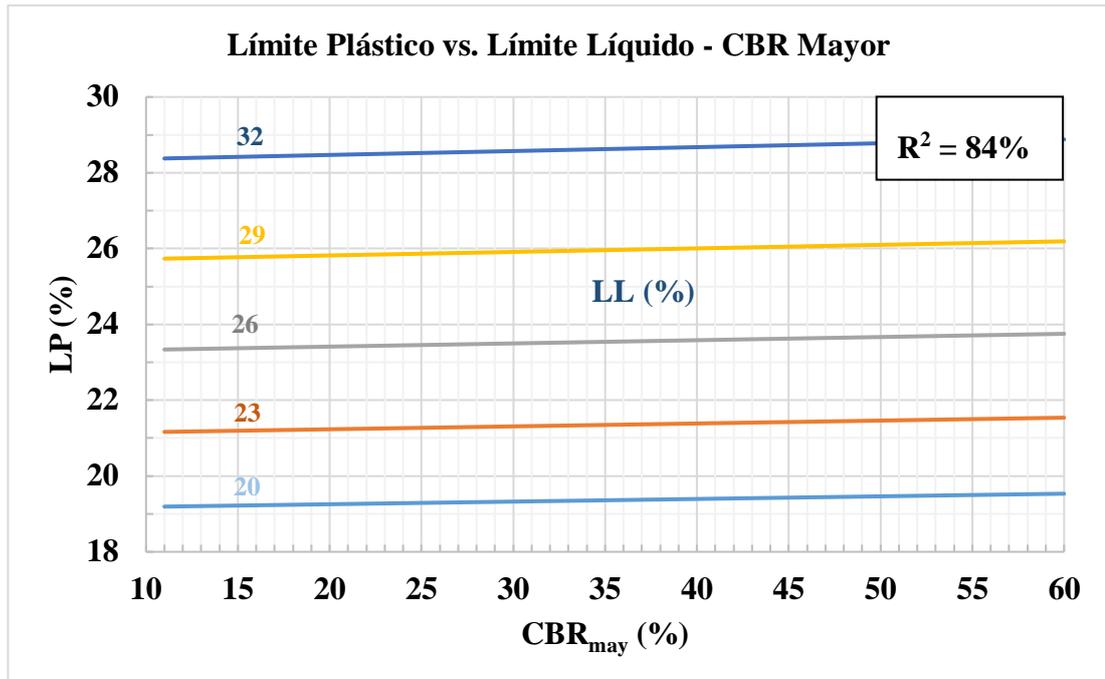
**Figura 53.** Correlación CBR<sub>may</sub>. vs. W<sub>ópt</sub>. - DN

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

- Ecuación:  $CBR_{may} = 2,0625 * e^{0,0762 (DN)} * e^{0,0828 (W_{ópt})}$
- Coeficiente de determinación R<sup>2</sup> (%): 58,70 %
- Análisis e interpretación:

La correlación resultante entre CBR<sub>may</sub>. vs. W<sub>ópt</sub>. - DN, es mínima, con un coeficiente de determinación R<sup>2</sup> de 68%, se obtuvo mediante una correlación exponencial múltiple. Para el análisis realizado se utilizó 10 muestras con rangos para W<sub>ópt</sub>. entre 14 – 22 % y para DN rangos entre 4 - 24 mm/golpe, eliminando las muestras P4-P12 porque generaba un mayor valor de residuos cuadrados. Producto de la correlación se obtuvieron valores de CBR<sub>may</sub>. con rangos entre 0 – 60 %.

Se observa que mientras mayor humedad necesite el suelo para alcanzar su condición óptima su valor de CBR va a ser alto. De igual manera la gráfica nos indica que a mayor DN su CBR será mayor, sin embargo, esta afirmación no concuerda con la teoría, ya que a menor DN su CBR va a ser mayor, estos datos pueden deberse a que el ensayo se realizó en un suelo con capa vegetal o que haya sido relleno.



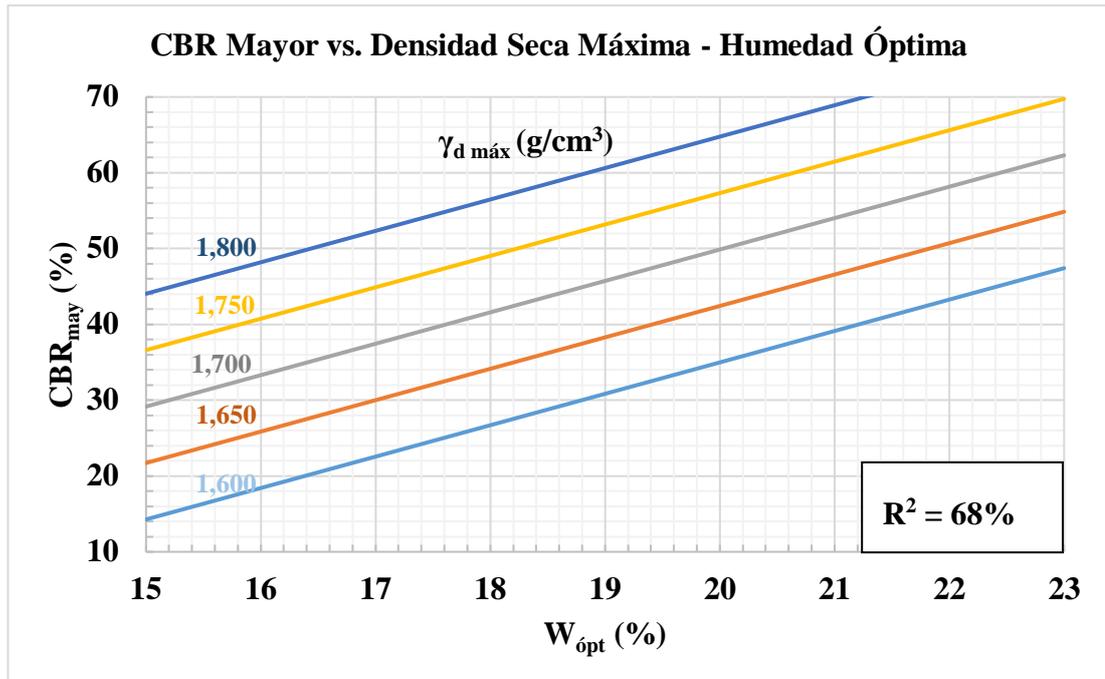
**Figura 54.** Correlación LP vs. LL – CBR<sub>may</sub>.

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

- Ecuación:  $LP = 9,962 * e^{0,0004(CBR_{may})} * e^{0,0326(LL)}$
- Coeficiente de determinación  $R^2$  (%): 84,10 %
- Análisis e interpretación:

La correlación resultante entre LP vs. LL – CBR<sub>may</sub> es aceptable, con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 84%, se obtuvo mediante una correlación exponencial múltiple. Para el análisis realizado se utilizó 12 muestras con rangos para LL entre 20 – 32 % y para CBR<sub>may</sub> rangos entre 10 – 60 %. Producto de la correlación se obtuvieron valores de LP con rangos entre 18 – 30 %.

Existe una relación directamente proporcional entre las tres propiedades, mientras mayor humedad necesite el suelo para pasar de su estado plástico a líquido va a suceder lo mismo para que pase de sólido a plástico, además, en este caso, el CBR no tiene demasiado influencia en relación con el LP.



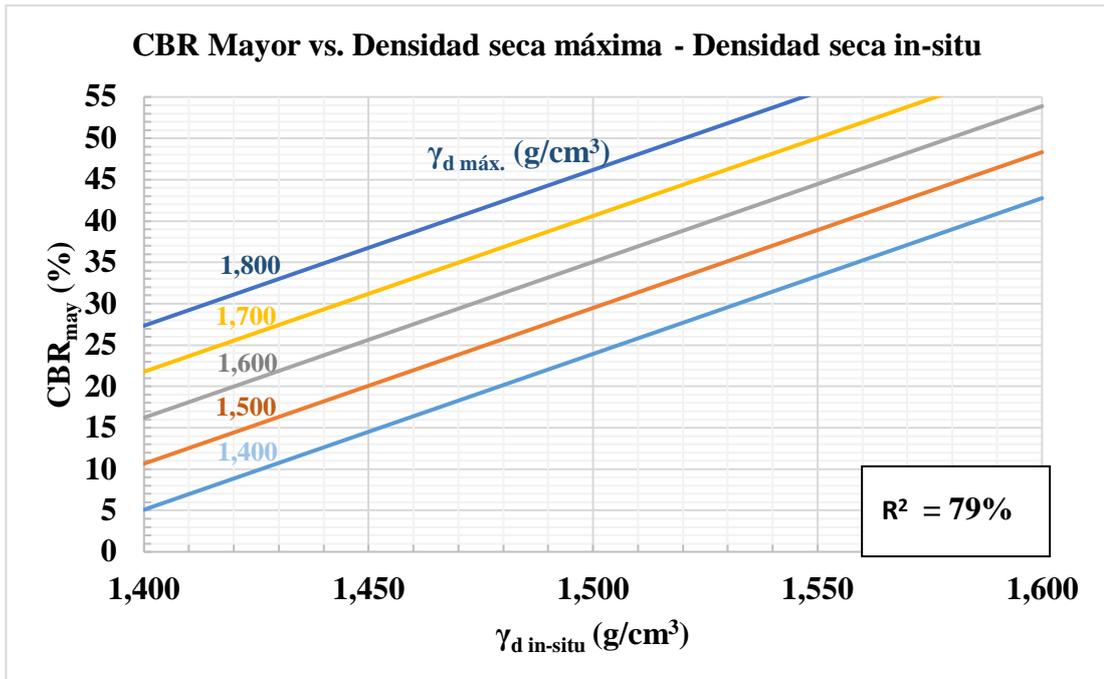
**Figura 55.** Correlación  $CBR_{\text{may}}$  VS.  $\gamma_{d \text{ máx}}$  –  $W_{\text{ópt}}$ .

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

- Ecuación: 
$$CBR_{\text{may}} = \frac{(W_{\text{ópt}})^{4,2196} * (\gamma_{\text{máx}})^{9,8147}}{1,20 * 10^6}$$
- Coeficiente de determinación  $R^2$  (%): 68,37 %
- Análisis e interpretación:

La correlación resultante entre  $CBR_{\text{may}}$  VS.  $\gamma_{d \text{ máx}}$  –  $W_{\text{ópt}}$  es regular, con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 68%, se obtuvo mediante una correlación potencial múltiple. Para el análisis realizado se utilizó 10 muestras con rangos para  $CBR_{\text{may}}$  entre 0 – 50 %,  $\gamma_{d \text{ máx}}$  entre 1,600 – 1,800  $\text{g/cm}^3$  y para  $W_{\text{ópt}}$  rangos entre 15 – 23 %, eliminando las muestras P6-P10 porque generaba un mayor valor de residuos cuadrados.

Existe una relación directamente proporcional entre  $CBR_{\text{may}}$  VS.  $\gamma_{d \text{ máx}}$ , mientras un suelo tenga una buena  $\gamma_{d \text{ máx}}$  su CBR resultante va a ser alto. Además, es directamente proporcional  $CBR_{\text{may}}$  y  $W_{\text{ópt}}$ , si un suelo necesita mayor humedad para alcanzar su densidad máxima, el CBR resultante va a ser mayor.



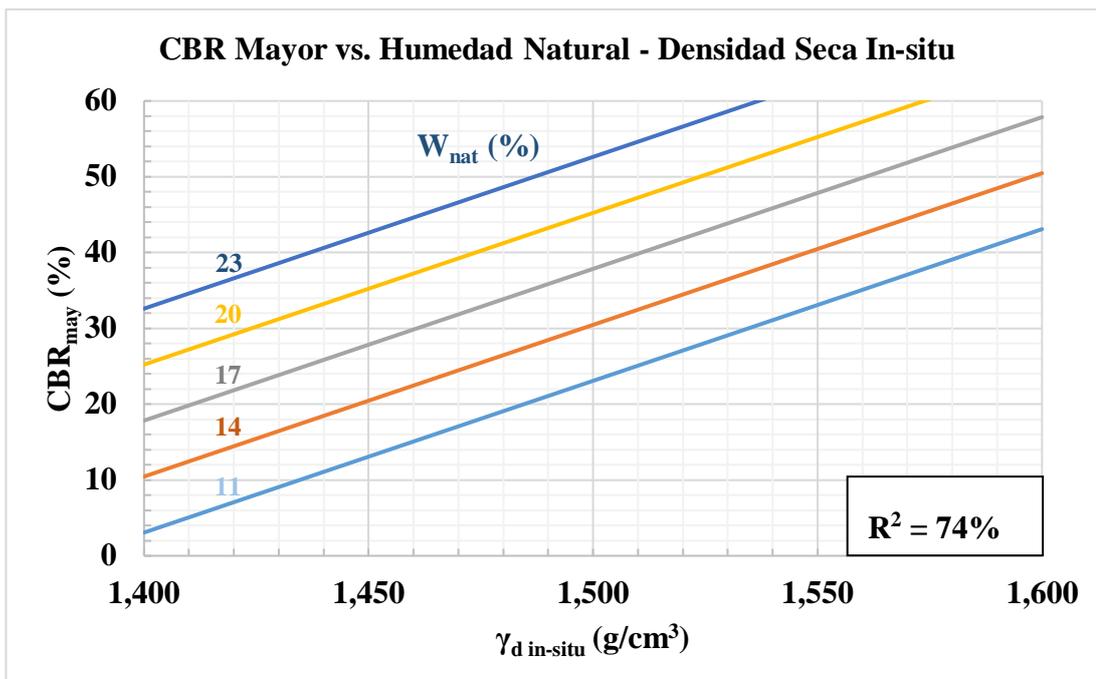
**Figura 56.** Correlación  $CBR_{May}$  VS.  $\gamma_d máx - \gamma_d in-situ$ .

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

- Ecuación:  $CBR_{may} = -3336,432 + 188,325(\gamma_d in-situ) + 55,622(\gamma_d in-situ)$
- Coeficiente de determinación  $R^2$  (%): 79,06 %
- Análisis e interpretación:

La correlación resultante entre  $CBR_{May}$  VS.  $\gamma_d máx - \gamma_d in-situ$  es regular, con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 68%, se obtuvo mediante una correlación lineal múltiple. Para el análisis realizado se utilizó 11 muestras con rangos para  $CBR_{may}$ . entre 0 – 50 %, para  $\gamma_d máx$  entre 1,430 – 1,830  $g/cm^3$  y para  $\gamma_d in-situ$  entre 1,400 – 1,600  $g/cm^3$  eliminando la muestra P10 porque generaba un mayor valor de residuos cuadrados.

Se observa que si se presenta un suelo con una densidad de campo alta significa que es un suelo denso y por ende al momento de obtener su densidad máxima va a resultar mucho mayor y producto de las dos densidades altas el valor de CBR que se obtenga va a ser muy elevado, indicando que es un suelo de buena calidad y capaz de resistir cargas.



**Figura 57.** Correlación  $CBR_{\text{May}}$  vs.  $W_{\text{nat}} - \gamma_{d \text{ in-situ}}$ .

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

- Ecuación:  $CBR_{\text{may}} = 0,0275 * (\gamma_{d \text{ in-situ}})^{16,6482} * (W_{\text{nat}})^{0,1839}$
- Coeficiente de determinación  $R^2$  (%): 74,25 %
- Análisis e interpretación:

La correlación resultante entre  $CBR_{\text{May}}$  vs.  $W_{\text{nat}} - \gamma_{d \text{ in-situ}}$  es regular, con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 74%, se obtuvo mediante una correlación potencial múltiple. Para el análisis realizado se utilizó 11 muestras con rangos para  $CBR_{\text{May}}$ , con rangos entre 0 – 50 %, para  $W_{\text{nat}}$  entre 11 – 23 % y para  $\gamma_{d \text{ in-situ}}$  rangos entre 1,400 – 1,600  $\text{kg/m}^3$ , eliminando las muestras P7 porque generaba un mayor valor de residuos cuadrados.

Existe una relación directamente proporcional entre las tres propiedades, un suelo que en su entorno natural no tenga demasiados vacíos va a tener una  $\gamma_{d \text{ in-situ}}$  alta y producto de ello su valor de CBR resultante va a ser alto. Además, cuando el suelo contenga un contenido de humedad mayor in-situ su CBR también va a incrementarse.

### 3.1.6. Diseño estructural de pavimento flexible AASHTO 93

#### 3.1.6.1. Conteo vehicular

Para cuantificar el número de automotores que transitan en la vía “El Alcance – Quisapincha” se realizó el TPDA el jueves 21 de noviembre. El conteo se efectuó con un periodo de 12 horas desde las 6:00 a.m. hasta las 18:00 p.m. con lapsos de 15 minutos. Como resultado del TPDA realizado se va a trabajar con el volumen vehicular de la hora pico que fue de 7:00 a.m. a 8:00 a.m.

**Tabla 49.** Volumen vehicular hora pico

Hora	Vehículos	Buses	Camiones			Total 15 minutos
			2 Ejes	3 Ejes	4 Ejes	
7:00 - 7:15	8	1	1	0	0	10
7:15 - 7:30	8	2	1	0	0	11
7:30 - 7:45	5	2	2	1	0	10
7:45 - 8:00	9	1	2	0	0	12
<b>Total</b>	30	6	6	1	0	43
<b>%</b>	69,77	13,95	13,95	2,33	0,00	100,00

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

El volumen vehicular resultante fue de 69,77% para vehículos livianos, 13,95% para buses y 16,28% para camiones de un total de 17 vehículos que representa el 100%.

#### ➤ Factor de Hora pico

$$FHP = \frac{\text{Total de vehículos}}{4 * (\text{mayor tráfico en 15 mín.})}$$

$$FHP = \frac{43 \text{ vehículos}}{4 * (12 \text{ vehículos})}$$

$$FHP = 0,89$$

➤ **Porcentaje de la trigésima hora**

Como la vía en estudio es rural se va a usar un porcentaje de 15% recomendado por Ministerio de Obras Públicas. Además, para obtener un tráfico uniforme el factor de hora pico se asume como 1.

$$TPDA = \frac{\text{Total de vehículos} * FHP}{10\%}$$

- **Vehículos livianos**

$$TPDA(\text{livianos}) = \frac{30 * 1}{0.15} = 200 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

- **Buses**

$$TPDA(\text{buses}) = \frac{6 * 1}{0.15} = 40 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

- **Camiones**

$$TPDA(\text{camiones}) = \frac{7 * 1}{0.10} = 47 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Se calcula el TPDA actual con los valores obtenidos anteriormente:

$$TPDA(\text{actual}) = TPDA(\text{livianos}) + TPDA(\text{buses}) + TPDA(\text{camiones})$$

$$TPDA(\text{actual}) = 200 + 40 + 47$$

$$TPDA(\text{actual}) = 287 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Se determina el tráfico promedio diario anual durante el primer a\u00f1o:

$$TPDA(1 \text{ a\u00f1o}) = Ta * (1 + i)^1$$

- **Veh\u00edculos livianos**

$$TPDA(\text{livianos}) = 200 * (1 + 3.97\%)^1 = 208 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

- **Buses**

$$TPDA(\text{buses}) = 40 * (1 + 1.97\%)^1 = 41 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

- **Camiones**

$$TPDA(\text{camiones}) = 47 * (1 + 1.94\%)^1 = 48 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

El TPDA resultante en el primer a\u00f1o es:

$$TPDA(1 \text{ a\u00f1o}) = TPDA(\text{livianos}) + TPDA(\text{buses}) + TPDA(\text{camiones})$$

$$TPDA(1 \text{ a\u00f1o}) = 208 + 41 + 48 = 297 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

➤ **Tr\u00e1nsito Futuro**

El dise\u00f1o esta realizado para una proyecci\u00f3n de 20 a\u00f1os.

$$Tf = Ta * (1 + i)^n$$

Para determinar el tr\u00e1nsito futuro el MOP establece \u00edndices de crecimiento vehicular:

**Tabla 50.** \u00cdndice de crecimiento vehicular

Per\u00edodo	Tipo de Veh\u00edculos		
	Livianos	Buses	Camiones
2019 – 2020	3,97	1,97	1,94
2021 – 2025	3,57	1,78	1,74
2026 – 2039	3,25	1,62	1,58

**Fuente:** “Normas de Dise\u00f1o Geom\u00e9trico de Carreteras”, MOP 2003

**Tabla 51.** Tráfico proyectado 20 años

Período	Índice de crecimiento (i%)			TPDA Futuro = $Ta*(1+i)^n$			Total
	Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones	
2019	3,97	1,97	1,94	200	40	47	287
2020	3,97	1,97	1,94	208	41	48	296
2021	3,57	1,78	1,74	215	41	48	304
2022	3,57	1,78	1,74	222	42	49	314
2023	3,57	1,78	1,74	230	43	50	323
2024	3,57	1,78	1,74	238	44	51	333
2025	3,57	1,78	1,74	247	44	52	343
2026	3,25	1,62	1,58	250	45	52	347
2027	3,25	1,62	1,58	258	45	53	357
2028	3,25	1,62	1,58	267	46	54	367
2029	3,25	1,62	1,58	275	47	55	377
2030	3,25	1,62	1,58	284	48	55	388
2031	3,25	1,62	1,58	294	49	56	398
2032	3,25	1,62	1,58	303	49	57	410
2033	3,25	1,62	1,58	313	50	58	421
2034	3,25	1,62	1,58	323	51	59	433
2035	3,25	1,62	1,58	334	52	60	445
2036	3,25	1,62	1,58	344	53	61	458
2037	3,25	1,62	1,58	356	53	62	471
2038	3,25	1,62	1,58	367	54	63	484
2039	3,25	1,62	1,58	379	55	64	498

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

En base a la normativa del MOP, al tener un tráfico proyectado a 20 años con un TPDA de 498 vehículos/día se considera una vía colectora clase III.

### 3.1.6.2. Determinación de Ejes Equivalentes según el periodo de diseño (W18)

#### ➤ Período de diseño

**Tabla 52.** Período de diseño según la vía.

Clasificación de la vía	Período de análisis (años)
Urbana de alto volumen de tráfico	30 - 50
Rural de alto volumen de tráfico	20 - 50
Pavimentada de bajo volumen de tráfico	15 - 25
No pavimentada de bajo volumen de tráfico	10 - 20

**Fuente:** “Normas de Diseño Geométrico de Carreteras”, MOP 2003

Al ser una vía pavimentada de bajo volumen de tráfico se tomará un período de análisis de 20 años

➤ **Factor de daño**

**Tabla 53.** Factor de daño según tipo de automotor (FD).

Tipo	Simple		Simple Doble		Tandem		Tridem		Factor de Diseño
	Ton	(P/6,6)^4	Ton	(P/8,2)^4	Ton	(P/15)^4	Ton	(P/23)^4	
Liviano	3	0,04							0,04
Bus	4	0,13	8	0,91					1,04
C - 2P	2,5	0,02							1,29
	7	1,27							
C - 2G	6	0,68	11	3,24	18	2,07			5,99
C - 3									
C - 4									0
C - 5									0
C - 6									0

**Fuente:** “Normas de Diseño Geométrico de Carreteras”, MOP 2003

El factor de daño para livianos es 0.04, para buses 1.04 y para camiones 1.29.

➤ **Factor de distribución por carril**

La vía objeto de estudio tiene un carril por sentido por lo tanto se toma el 100%

➤ **Número de ejes equivalentes**

$$W18_{total} = 365 * TPDA_{final} * FD$$

$$W18_{parcial} = (365 * TPDA_{final(livianos)} * FD) + (365 * TPDA_{final(bus)} * FD) + (365 * TPDA_{final(camión)} * FD)$$

$$W18_{parcial} = (365 * 379 * 0,04) + (365 * 55 * 1,04) + (365 * 64 * 1,29)$$

$$W18_{parcial} = 56540$$

$$W18_{acumulado} = 84810 + 949519$$

$$W18_{acumulado} = 1006059$$

**Tabla 54.** Número de ejes equivalentes

Período	n	Índice de crecimiento (i%)			TPDA Futuro			Total	W18 Parcial	W18 acumulad	W18 de diseño
		Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones				
2019	0	3,97	1,97	1,94	200	40	47	287	40077	40077	20039
2020	1	3,97	1,97	1,94	208	41	48	296	40918	80995	40498
2021	2	3,57	1,78	1,74	215	41	48	304	41606	122601	61301
2022	3	3,57	1,78	1,74	222	42	49	314	42393	164995	82497
2023	4	3,57	1,78	1,74	230	43	50	323	43197	208191	104096
2024	5	3,57	1,78	1,74	238	44	51	333	44016	252208	126104
2025	6	3,57	1,78	1,74	247	44	52	343	44853	297061	148530
2026	7	3,25	1,62	1,58	250	45	52	347	45166	342227	171113
2027	8	3,25	1,62	1,58	258	45	53	357	45947	388174	194087
2028	9	3,25	1,62	1,58	267	46	54	367	46743	434917	217459
2029	10	3,25	1,62	1,58	275	47	55	377	47554	482471	241236
2030	11	3,25	1,62	1,58	284	48	55	388	48380	530851	265425
2031	12	3,25	1,62	1,58	294	49	56	398	49220	580071	290036
2032	13	3,25	1,62	1,58	303	49	57	410	50077	630148	315074
2033	14	3,25	1,62	1,58	313	50	58	421	50950	681098	340549
2034	15	3,25	1,62	1,58	323	51	59	433	51839	732937	366468
2035	16	3,25	1,62	1,58	334	52	60	445	52744	785681	392841
2036	17	3,25	1,62	1,58	344	53	61	458	53667	839348	419674
2037	18	3,25	1,62	1,58	356	53	62	471	54607	893955	446977
2038	19	3,25	1,62	1,58	367	54	63	484	55564	949519	474759
2039	20	3,25	1,62	1,58	379	55	64	498	56540	1006059	503029

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

El valor total para ejes equivalentes con respecto al año 2039 es 503029

**Tabla 55.** Espesores mínimos según ejes equivalentes

<b>Tránsito W18</b>	<b>Carpeta Asfáltica (D1)</b>	<b>Capa Base (D2)</b>
Menos de 5 000	1,0 ó Tándem Superficial	4,0
50 001 a 150 000	2,0	4,0
150 001 a 500 000	2,5	4,0
500 001 a 2 000 000	3,0	6,0
2 000 001 a 7 000 000	3,5	6,0
Mayor a 7 000 000	4,0	6,0

**Fuente:** Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

Según la tabla mostrada se tienen los siguientes espesores para las capas del pavimento

- Carpeta asfáltica D1= 3 pulg
- Base granular D2= 6 pulg

➤ **Confiabilidad “R”**

**Tabla 56.** Nivel de confiabilidad “R”

<b>Clasificación funcional</b>	<b>Zonas Urbanas</b>	<b>Zonas Rurales</b>
Autopistas	85 - 99.9	80 - 99.9
Carreteras de 1er Orden	80 - 90	75 - 95
Carreteras de 2do Orden	80 - 95	75 - 95
Caminos vecinales o locales	50 - 80	50 - 80

**Fuente:** Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

Se selecciono nivel de confiabilidad “R” de 85% porque es una carretera de 2do orden ubicada en una zona rural.

➤ **Desviación Estándar Normal “Zr”**

**Tabla 57.** Desviación Estándar Normal “Zr”

<b>Confiabilidad</b>	<b>Zr</b>	<b>Confiabilidad</b>	<b>Zr</b>
50	0,000	93	-1,476
60	-0,253	94	-1,555
70	-0,524	95	-1,645
75	-0,674	96	-1,751
80	-0,841	97	-1,881
85	-1,037	98	-2,054
90	-1,282	99	-2,327
91	-1,340	99,9	-3,090
92	-1,405	99,99	-3,750

**Fuente:** Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

La desviación estándar está en función del nivel de confiabilidad “R” , por lo tanto con un “R” de 85% se tiene un coeficiente de desviación estándar de -1,037

➤ **Desviación Estándar Global “So”**

Para el diseño de pavimentos flexibles la AASHTO recomienda usar un So de 0,45

➤ **Índice de serviciabilidad “PSI”**

$$\Delta\text{PSI} = \text{PSI inicial} - \text{PSI final}$$

$$\Delta\text{PSI} = 4,2 - 2,0$$

$$\Delta\text{PSI} = 2,2$$

➤ **Módulo de resiliencia “Mr”**

Se va a trabajar con un CBR de laboratorio con un valor de 16% perteneciente al pozo 5.

$$\text{Mr (PSI)} = 3000 * \text{CBR}^{0,65}$$

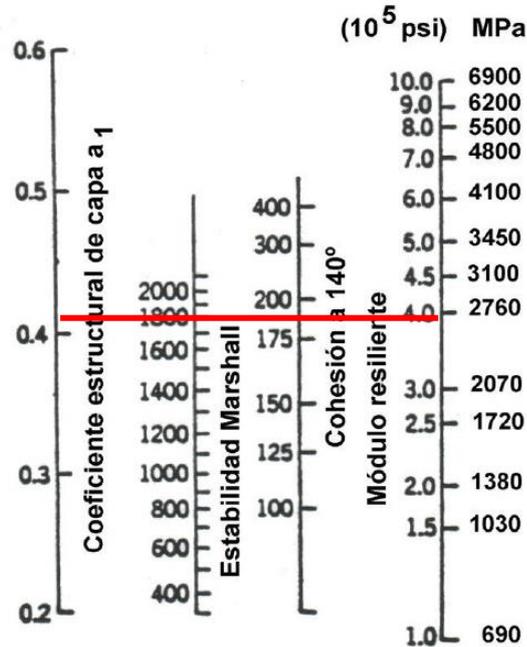
$$\text{Mr (PSI)} = 3000 * 16^{0,65}$$

$$\text{Mr (PSI)} = 18188$$

$$\text{Mr} = 18,18 \text{ Ksi}$$

➤ **Coefficiente estructural a<sub>1</sub>**

Según la AASHTO 93, se asume una estabilidad mínima de 1800 lb, con este valor encontramos el coeficiente a<sub>1</sub> en el ábaco.



**Figura 58.** Nomograma para determinar coeficiente a<sub>1</sub>

**Fuente:** Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

**Tabla 58.** Determinación de valores a<sub>3</sub>

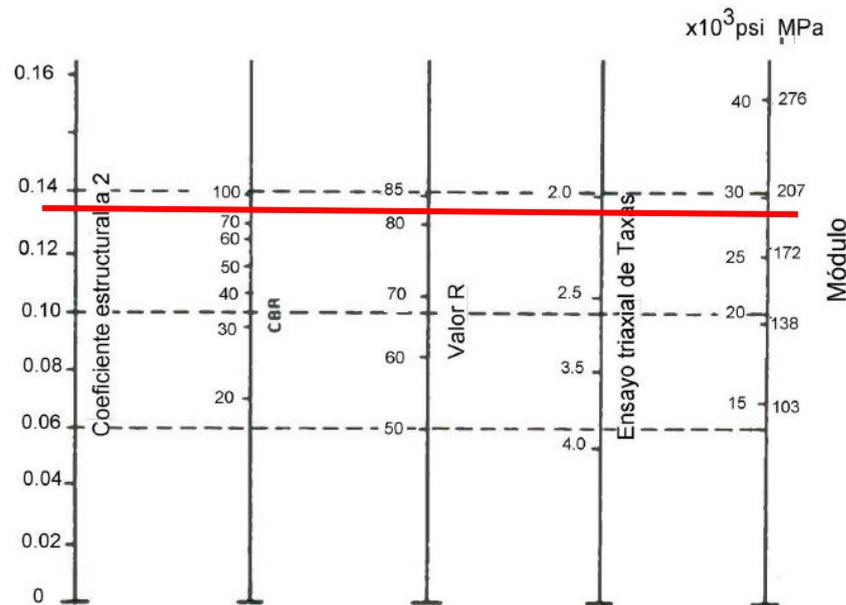
Módulos Elásticos		Valores a <sub>1</sub>
PSI	Mpa	
125 000	875	0,220
150 000	1050	0,250
175 000	1225	0,280
200 000	1400	0,295
225 000	1575	0,320
250 000	1750	0,330
275 000	1925	0,350
300 000	2100	0,360
325 000	2275	0,375
350 000	2450	0,850
375 000	2625	0,405
400 000	2800	0,420
425 000	2975	0,435
450 000	3150	0,440

**Fuente:** Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

Se estima que el coeficiente estructural  $a_1$  es 0,405. De tal manera que el modulo de la carpeta asfáltica va a ser  $M_r = 375000$  psi, 375 Ksi.

➤ **Coeficiente estructural  $a_2$**

Según las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003, el valor mínimo de CBR para la capa base de los agregados debe ser mayor a 80%.



**Figura 59.** Nomograma para determinar coeficiente  $a_2$

**Fuente:** Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

**Tabla 59.** Determinación de valores  $a_3$

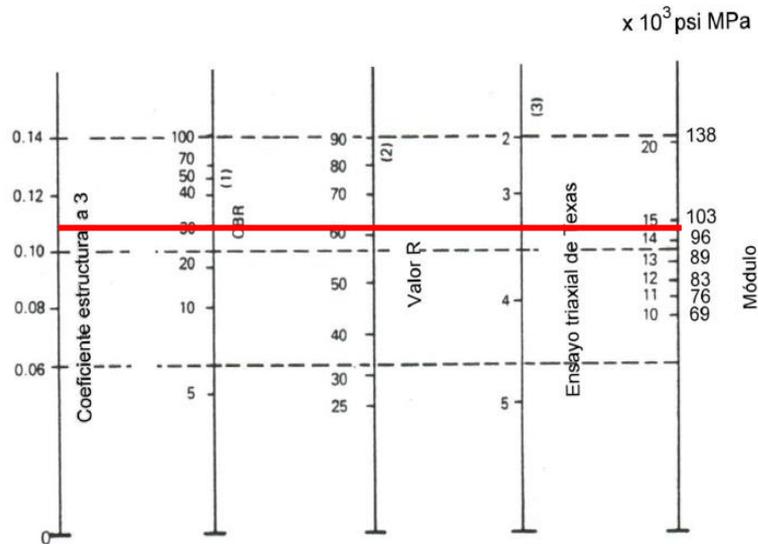
Base de agregados	
CBR	$a_2$
50	0,115
55	0,120
60	0,125
70	0,130
80	0,133
90	0,137
100	0,140

**Fuente:** Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

Para el CBR mínimo de 80% se tiene un coeficiente estructural  $a_2 = 0,133$ . Y para la capa base un módulo de elasticidad de 28 Ksi.

➤ **Coefficiente estructural a<sub>3</sub>**

Según las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003, el valor mínimo de CBR para la capa base de los agregados debe ser mayor a 30%.



**Figura 60.** Nomograma para determinar coeficiente a<sub>3</sub>

**Fuente:** Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

**Tabla 60.** Determinación de valores a<sub>3</sub>

Base de agregados	
CBR	a <sub>3</sub>
10	0,080
15	0,090
20	0,093
25	0,102
30	0,108
35	0,115
40	0,120
45	0,125
50	0,128
55	0,13
60	0,135
65	0,138
70	0,14

**Fuente:** Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

Para el CBR mínimo de 30% se tiene un coeficiente estructural a<sub>3</sub> = 0,108. Y para la capa subbase un módulo de elasticidad de 14800 Psi, 14,8 Ksi.

➤ **Coefficiente de drenaje “m<sub>2</sub>, m<sub>3</sub>”**

El tiempo que demora en evaporarse el agua en la vía es alrededor de 1 día.

**Tabla 61.** Calidad de drenaje

Calidad de Drenaje	Tiempo de eliminación de agua
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Deficiente	Agua no drena

**Fuente:** Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

En base a la calidad de drenaje se obtiene los coeficientes de drenaje m<sub>2</sub>, m<sub>3</sub>

**Tabla 62.** Corrección de coeficientes m<sub>2</sub> y m<sub>3</sub> en base al drenaje

Capacidad de drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura de pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación.			
	Menos de 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1,20
Buena	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1,00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0,80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0,60
Deficiente	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0,40

**Fuente:** Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

Por lo que se tiene un valor de 1 para m<sub>2</sub> y m<sub>3</sub>.

➤ **Resumen de resultados obtenidos**

**Tabla 63.** Cuadro resumen para cálculo de SN, W18 calculado

DATOS OBTENIDOS PARA EL CÁLCULO DE “SN”	
Tipo de pavimento	Flexible
TPDA 2039	498 vehículos
Período de diseño	20 años
Ejes equivalentes	503029
Clasificación de la vía	Colectora clase III
Serviciabilidad inicial	4.2
Serviciabilidad final	2
CBR de la subrasante	16 %
Confiabilidad	85 %
Desviación estándar	-1.037
Desviación global	0.45
Módulo de resiliencia de subrasante	18188 psi
Módulo de resiliencia de carpeta asfáltica	375000 psi
Módulo de resiliencia de capa base	28000 psi
Módulo de resiliencia de capa subbase	14800 psi
Coefficiente estructural a1	0.405
Coefficiente estructural a2	0.133
Coefficiente estructural a3	0.108
Coefficiente de drenaje m2 y m3	1

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Figura 61.** Software diseño de pavimento flexible, W18 calculado

**Fuente:** AASHTO 93

**Tabla 64. Diseño de pavimento flexible, W18 calculado**

<b>DISEÑO DEL REFUERZO METODO AASHTO 1993</b>			
<b>PROYECTO</b>	: Tesis de Grado	<b>TRAMO</b>	: Vía El Alcance - Quisapincha
<b>SECCION</b>	: km 0+450 - km 2+450	<b>FECHA</b>	: Diciembre 2019

<b>DATOS DE ENTRADA (INPUT DATA) :</b>			
<b>1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES</b>			
<b>DATOS</b>			
A. MODULO DE RESILIENCIA DE LA CARPETA ASFALTICA (ksi)	375,00		
B. MODULO DE RESILIENCIA DE LA BASE GRANULAR (ksi)	28,00		
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUB-BASE (ksi)	14,80		
<b>2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE</b>			
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	<b>503029,00</b>		
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	85%		
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)	-1,037		
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)	0,45		
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)	<b>18,18</b>		
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4,2		
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2,0		
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)	20		
<b>3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO</b>			
<b>A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA</b>			
Concreto Asfáltico Convencional (a <sub>1</sub> )	0,405		
Base granular (a <sub>2</sub> )	0,133		
Subbase (a <sub>3</sub> )	0,108		
<b>B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA</b>			
Base granular (m <sub>2</sub> )	1,00		
Subbase (m <sub>3</sub> )	1,00		
<b>DATOS DE SALIDA (OUTPUT DATA) :</b>			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN <sub>REQ</sub> )	<b>2,09</b>		
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN <sub>CA</sub> )	<b>1,77</b>		
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN <sub>BG</sub> )	<b>0,48</b>		
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN <sub>SB</sub> )	<b>-0,16</b>		
<b>ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PROPUESTA</b>			
	TEORICO	PROPUESTO	
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	5,4	3,0	cm
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	9,2	10,0	cm
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	-3,7	15,0	cm
ESPESOR TOTAL (cm)		28,0	

**Fuente: AASHTO 93**

➤ **Diseño con Eje equivalente (W18) impuesto**

**Tabla 65.** Cuadro resumen para cálculo de SN, W18 Impuesto

DATOS OBTENIDOS PARA EL CÁLCULO DE “SN”	
Tipo de pavimento	Flexible
TPDA 2039	4000 vehículos
Período de diseño	35 años
Ejes equivalentes	4000000
Clasificación de la vía	Corredor Arterial I
Serviciabilidad inicial	4.2
Serviciabilidad final	2
CBR de la subrasante	16 %
Confiabilidad	85 %
Desviación estándar	-1.037
Desviación global	0.45
Módulo de resiliencia de subrasante	18188 psi
Módulo de resiliencia de carpeta asfáltica	375000 psi
Módulo de resiliencia de capa base	28000 psi
Módulo de resiliencia de capa subbase	14800 psi
Coefficiente estructural a1	0.405
Coefficiente estructural a2	0.133
Coefficiente estructural a3	0.108
Coefficiente de drenaje m2 y m3	1

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Figura 62.** Software diseño de pavimento flexible W18 Impuesto

**Fuente:** AASHTO 93

**Tabla 66. Diseño de pavimento flexible W18 Impuesto**

<b>DISEÑO DEL REFUERZO METODO AASHTO 1993</b>			
<b>PROYECTO</b>	: Tesis de Grado	<b>TRAMO</b>	: Vía El Alcance - Quisapincha
<b>SECCION</b>	: km 0+450 - km 2+450	<b>FECHA</b>	: Diciembre 2019

<b>DATOS DE ENTRADA (INPUT DATA) :</b>			
<b>1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES</b>			<b>DATOS</b>
A. MODULO DE RESILIENCIA DE LA CARPETA ASFALTICA (ksi)			375,00
B. MODULO DE RESILIENCIA DE LA BASE GRANULAR (ksi)			28,00
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUB-BASE (ksi)			14,80
<b>2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE</b>			
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			4000000,00
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)			85%
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)			-1,037
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)			0,45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)			18,18
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4,2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)			2,0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			20
<b>3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO</b>			
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA			
Concreto Asfáltico Convencional (a <sub>1</sub> )			0,405
Base granular (a <sub>2</sub> )			0,133
Subbase (a <sub>3</sub> )			0,108
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA			
Base granular (m <sub>2</sub> )			1,00
Subbase (m <sub>3</sub> )			1,00
<b>DATOS DE SALIDA (OUTPUT DATA) :</b>			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN <sub>REQ</sub> )		2,90	
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN <sub>CA</sub> )		2,47	
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN <sub>BG</sub> )		0,64	
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN <sub>SB</sub> )		-0,21	
<b>ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PROPUESTA</b>			
	TEORICO	PROPUESTO	
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	6,5	7,0	cm
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	12,2	10,0	cm
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	-4,9	15,0	cm
ESPESOR TOTAL (cm)		32,0	

Fuente: AASHTO 93

### 3.1.7. Aplicación de las correlaciones para diseño de pavimento flexible

Para la obtención del CBR a partir de las correlaciones realizadas con las propiedades índice y mecánicas se usaron los siguientes datos correspondientes al pozo 5:

- LL = 23,31 %
  - LP = 22,70 %
  - $\gamma_{d \text{ in-situ}} = 1,435 \text{ g/cm}^3$
  - DN = 8.99 mm/golpe
- 
- $\gamma_{d \text{ in-situ}} = 1,435 \text{ g/cm}^3$ » Figura 52» CBR = 23 %
  - DN = 8.99 mm/golpe» Figura 53» CBR = 22%
  - LL = 23,31% y LP = 22,70%» Figura 41»  $W_{\text{ópt}} = 17 \%$ » Figura 53» CBR=20%
  - $\text{CBR}_{\text{lab}} = 16\%$

Se realiza un promedio de las tres alternativas que se presentó para estimar el valor de CBR mediante las correlaciones, incluyendo el valor obtenido en el laboratorio.

$$\text{CBR} = \frac{(23 + 22 + 20 + 16) \%}{4}$$

$$\text{CBR} = 20\%$$

Se va a proceder a realizar el diseño de pavimento flexible usando el CBR obtenido a través de las correlaciones

➤ **Resumen de valores con CBR 20% y W18 calculado**

**Tabla 67.** Cuadro resumen para cálculo de SN , CBR 20%

DATOS OBTENIDOS PARA EL CÁLCULO DE “SN”	
Tipo de pavimento	Flexible
TPDA 2039	498 vehículos
Período de diseño	20 años
Ejes equivalentes	503029
Clasificación de la vía	Colectora clase III
Serviciabilidad inicial	4.2
Serviciabilidad final	2
CBR de la subrasante	20 %
Confiabilidad	85 %
Desviación estándar	-1.037
Desviación global	0.45
Módulo de resiliencia de subrasante	21027 psi
Módulo de resiliencia de carpeta asfáltica	375000 psi
Módulo de resiliencia de capa base	28000 psi
Módulo de resiliencia de capa subbase	14800 psi
Coefficiente estructural a1	0.405
Coefficiente estructural a2	0.133
Coefficiente estructural a3	0.108
Coefficiente de drenaje m2 y m3	1

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Figura 63.** Software diseño de pavimento flexible CBR 20%

**Fuente:** AASHTO 93

**Tabla 68. Diseño de pavimento flexible W18 calculado**

<b>DISEÑO DEL REFUERZO METODO AASHTO 1993</b>			
<b>PROYECTO</b>	: Tesis de Grado	<b>TRAMO</b>	: Vía El Alcance - Quisapincha
<b>SECCION</b>	: km 0+450 - km 2+450	<b>FECHA</b>	: Diciembre 2019

<b>DATOS DE ENTRADA (INPUT DATA) :</b>			
<b>1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES</b>		<b>DATOS</b>	
A. MODULO DE RESILIENCIA DE LA CARPETA ASFALTICA (ksi)		375,00	
B. MODULO DE RESILIENCIA DE LA BASE GRANULAR (ksi)		28,00	
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUB-BASE (ksi)		14,80	
<b>2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE</b>			
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)		503029,00	
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)		85%	
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)		-1,037	
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)		0,45	
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)		21,03	
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)		4,2	
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pf)		2,0	
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)		20	
<b>3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO</b>			
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA			
Concreto Asfáltico Convencional (a <sub>1</sub> )		0,405	
Base granular (a <sub>2</sub> )		0,133	
Subbase (a <sub>3</sub> )		0,108	
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA			
Base granular (m <sub>2</sub> )		1,00	
Subbase (m <sub>3</sub> )		1,00	
<b>DATOS DE SALIDA (OUTPUT DATA) :</b>			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN <sub>REQ</sub> )	1,98		
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN <sub>CA</sub> )	1,77		
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN <sub>BG</sub> )	0,48		
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN <sub>SB</sub> )	-0,27		
<b>ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PROPUESTA</b>			
	TEORICO	PROPUESTO	
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	5,0	3,0	cm
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	8,8	10,0	cm
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	-6,8	15,0	cm
ESPESOR TOTAL (cm)		28,0	

Fuente: AASHTO 93

➤ **Resumen de valores con CBR 20% y W18 impuesto**

**Tabla 69.** Cuadro resumen para cálculo de SN , CBR 20%

DATOS OBTENIDOS PARA EL CÁLCULO DE “SN”	
Tipo de pavimento	Flexible
TPDA 2039	498 vehículos
Período de diseño	20 años
Ejes equivalentes	5000000
Clasificación de la vía	Colectora clase III
Serviciabilidad inicial	4.2
Serviciabilidad final	2
CBR de la subrasante	20 %
Confiabilidad	85 %
Desviación estándar	-1.037
Desviación global	0.45
Módulo de resiliencia de subrasante	21027 psi
Módulo de resiliencia de carpeta asfáltica	375000 psi
Módulo de resiliencia de capa base	28000 psi
Módulo de resiliencia de capa subbase	14800 psi
Coefficiente estructural a1	0.405
Coefficiente estructural a2	0.133
Coefficiente estructural a3	0.108
Coefficiente de drenaje m2 y m3	1

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Figura 64.** Software diseño de pavimento flexible CBR 20%

**Fuente:** AASHTO 93

**Tabla 70.** Diseño de pavimento flexible W18 impuesto

<b>DISEÑO DEL REFUERZO METODO AASHTO 1993</b>			
<b>PROYECTO</b> :	Tesis de Grado	<b>TRAMO</b> :	Vía El Alcance - Quisapincha
<b>SECCION</b> :	km 0+450 - km 2+450	<b>FECHA</b> :	Diciembre 2019

<b>DATOS DE ENTRADA (INPUT DATA) :</b>	
<b>1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES</b>	
A. MODULO DE RESILIENCIA DE LA CARPETA ASFALTICA (ksi)	375,00
B. MODULO DE RESILIENCIA DE LA BASE GRANULAR (ksi)	28,00
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUB-BASE (ksi)	14,80
<b>2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE</b>	
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	4000000,00
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	85%
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)	-1,037
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)	0,45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)	21,03
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4,2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pf)	2,0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)	20
<b>3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO</b>	
<b>A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA</b>	
Concreto Asfáltico Convencional (a1)	0,405
Base granular (a2)	0,133
Subbase (a3)	0,108
<b>B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA</b>	
Base granular (m2)	1,00
Subbase (m3)	1,00
<b>DATOS DE SALIDA (OUTPUT DATA) :</b>	
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN <sub>REQ</sub> )	2,74
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN <sub>CA</sub> )	2,47
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN <sub>BC</sub> )	0,64
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN <sub>SB</sub> )	-0,37
<b>ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PROPUESTA</b>	
	TEORICO      PROPUESTO
ESPOSOR CARPETA ASFALTICA (cm)	6,1      7,0      cm
ESPOSOR BASE GRANULAR (cm)	11,4      10,0      cm
ESPOSOR SUB BASE GRANULAR (cm)	-5,5      15,0      cm
ESPOSOR TOTAL (cm)	32,0

Fuente: AASHTO 93

➤ **Resumen de diseño de los pavimentos flexibles**

**Tabla 71.** Cuadro resumen diseño pavimento flexible

	CBR lab 16 %		CBR corr 20 %	
TPDA	498	3985	498	3985
W18	503029	4024235	503029	4024235
Mr	18188 Psi		21027 Psi	
SN	2.09	2.90	1.98	
Asfalto	3 cm	7 cm	3 cm	7 cm
Base	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm
Sub Base	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

### 3.2. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Una vez concluida la presente investigación se determinaron 25 correlaciones con un coeficiente de determinación  $R^2$  que van desde 55 % hasta 95%.

#### Ho: Hipótesis nula

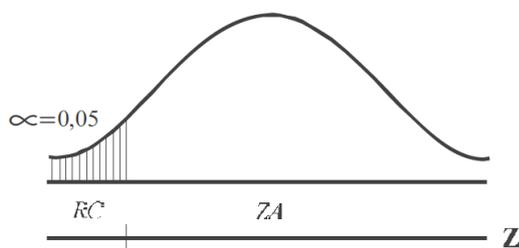
Ho: No se van a obtener correlaciones entre propiedades índice y mecánicas con coeficiente de determinación mayor a 50% para obtener valores confiables de CBR.

#### Ha: Hipótesis alternativa

Ha: Se van a obtener correlaciones entre propiedades índice y mecánicas con coeficiente de determinación mayor a 50% para obtener valores confiables de CBR.

#### Resolución

- La significación o estimación de error es  $\alpha = 5 \%$



**Figura 65.** Significación o estimación de error

**Fuente:** “Estadística y Muestreo”, Ciro Martínez

- Grados de libertad

El grado de libertad es la muestra total menos 1 por lo tanto,  $n = 24$

- Valor crítico

El valor crítico está en función de  $\alpha$  siendo  $\pm 1.71$

- Valor de prueba

$$t = \frac{\bar{x} - u}{\left(\frac{s}{\sqrt{n - 1}}\right)}$$

Donde:

- $\bar{x}$  = media aritmética
- $u$  = porcentaje esperado
- $s$  = desviación estándar
- $n$  = número de muestras

$$t = \frac{70,51 - 50}{\left(\frac{10,75}{\sqrt{24}}\right)}$$

$$t = \frac{21,51}{2,19}$$

$$t = 9.82$$

El valor crítico que se obtuvo a través de la significación fue +-1.71. Mientras que el valor de prueba obtenido fue de 9.82, valor que esta fuera del rango permitido. Por lo que se concluye que la hipótesis nula es falsa y se procede a aceptar la hipótesis alternativa.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. CONCLUSIONES

- Se determinaron correlaciones con coeficientes de determinación  $R^2$  mayor a 50% por lo que son correlaciones válidas entre el CBR de laboratorio y las propiedades índice y mecánicas de suelos granulares pertenecientes a las parroquias Constantino Fernández y Pinllo.
- Se determinó que la distribución granulométrica promedio de los suelos fue de 12% para contenido de finos, 88% para contenido de arena y 0% para grava.
- Se determinó que al ser suelos arenosos con porcentaje de finos (limos y arcillas) tienen mayor capacidad de absorción de agua y producto de ello, son suelos que tuvieron un grado de saturación de agua promedio de 75%.
- Se determinó que los suelos analizados son de baja plasticidad al presentar su límite líquido inferior a 50%. Además, se obtuvo un promedio de índice plástico igual a 2%, reafirmando que son suelos de baja plasticidad. Esto es característico de los suelos granulares ya que al no contener un porcentaje considerable de partículas finas no poseen buena plasticidad.
- Se realizó el ensayo de proctor modificado alcanzando densidades máximas que oscilan entre  $1,439 \text{ g/cm}^3$  -  $1,822 \text{ g/cm}^3$  con humedades óptimas entre 15 % – 22 %. Concluyendo que son resultados típicos para suelos granulares ya que necesitan un bajo contenido de humedad óptima para alcanzar densidades relativamente altas.
- Mediante el CBR de laboratorio se determinan valores que oscilan entre 11% – 49 % observando que existen suelos de diferente nivel de resistencia que van a ser usados para subrasante.
- Se concluye que los suelos analizados presentaron una buena resistencia al ensayo de cono de penetración dinámica arrojando resultados de su índice de penetración con valores que oscilan desde 4 mm/golpe hasta 25 mm/golpe.

- La correlación más alta con los valores del CBR se obtuvo con una correlación múltiple exponencial con el límite líquido y límite plástico con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 84%.
- La correlación resultante más alta con respecto al DCP se obtuvo con una correlación múltiple exponencial con el límite líquido y límite plástico con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 95%.
- Se concluye que las propiedades índices que ofrecen una mejor correlación tanto con el DCP como con el CBR son el límite líquido y límite plástico, esto se debe a que las dos propiedades están relacionadas entre sí.
- Se determinó la correlación simple entre DCP y CBR obteniendo un coeficiente de correlación  $r$  de 61%. Por otro lado, la ASTM propone una ecuación que relaciona las mismas variables, de tal forma que se realizó una comparación entre las mismas obteniendo como resultado un valor similar.
- Se determinó un valor de CBR utilizando las gráficas obtenidas por las correlaciones partiendo de propiedades índice como límite líquido, límite plástico y densidad seca in-situ, también se utilizó la propiedad mecánica del índice de penetración. A través de las propiedades mencionadas se obtuvieron valores de CBR promedio a 20%, teniendo en cuenta que el valor de CBR obtenido en laboratorio fue de 16%. Se puede concluir que las gráficas se acercan a la realidad, sin embargo, sería recomendable que fuera un valor más conservador.
- A través del diseño de pavimento flexible aplicando el método de la AASHTO 1993 con un CBR de laboratorio de 16 % y un CBR estimado con las correlaciones se obtuvo un espesor para la subrasante de 3 cm, base de 10 cm y para la subbase 15 cm. Teniendo en cuenta la demanda mínima de vehículos se realiza un diseño con los espesores mínimos estipulados en la normativa
- Se determinó la zonificación general de las parroquias San Bartolomé de Pinillo y Constantino Fernández dando como resultado que el suelo es arenoso. Siendo más explícito, según la clasificación de la SUCS es un suelo areno limoso (SM), mientras que por parte de la AASHTO pertenece al grupo A-2-4 (0)

## 4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar los ensayos tanto en campo como en laboratorio aplicando las normas internacionales y nacionales vigentes. Porque una mala aplicación e interpretación de la norma puede dar resultados incoherentes que no serían válidos para utilizar en nuestras correlaciones.
- Se recomienda que para ubicar el punto en donde se van a realizar los ensayos de campo, y a su vez la extracción de muestras de suelo para los respectivos ensayos de laboratorio sea una zona de corte del terreno, de esta manera aseguramos que el terreno sea natural sin capa vegetal y que no hayan sido manipulados previamente para que no afecte en el resultado de sus propiedades índice y mecánicas.
- Para efectuar el ensayo de cono de penetración dinámica se debe realizar en suelos finos y gruesos que contengan partículas menores a 2", caso contrario se corre el riesgo que al realizar el ensayo en un suelo compactado se produzca daño y deterioro en el equipo del DCP.
- Al realizar los ensayos de Proctor y CBR en el laboratorio se debe hacerlo en condiciones controladas de humedad. Porque si la muestra pierde contenido de humedad los resultados obtenidos van a presentar datos errados.
- Se recomienda que para la aplicación y uso de las correlaciones con los ábacos propuestos en la presente investigación se debe tener en cuenta que las correlaciones son aplicables únicamente para el tipo de suelo analizado, en este caso para suelos arenosos limosos (SM) y que cumplan con su rango granulométrico. Además, se deberá tener en cuenta cada uno de los rangos permisibles que tiene cada propiedad correlacionada y sus respectivas unidades.

- Para obtener mejores resultados en las correlaciones sería recomendable obtener las propiedades en las mismas condiciones para que no existan grandes variaciones entre ellas. Además, al formar parte de un macroproyecto se recomienda recopilar la información del resto de investigaciones para crear una base de datos más extensa para mejorar las correlaciones.
- Con la finalidad de ampliar esta investigación se sugiere abarcar todos los tipos de suelos friccionantes y cohesivos. De esta forma se podrá ver y comprender el comportamiento de cada tipo de suelo en relación con las condiciones de humedad.
- Para un diseño preliminar de pavimentos flexibles se recomienda usar las correlaciones con coeficientes de determinación  $R^2$  altos obtenidas en esta investigación. De esta manera se puede obviar los ensayos necesarios para llegar al valor de CBR con el propósito de ahorrar tiempos y costos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] B. Ahmad, T. Abdulsadda, y D. A. Jaleel, «Predicting CBR Value from Index Properties of Soils using Expert System», vol. 17, n.º 1, 2017.
- [2] S. M. Lim, D. C. Wijeyesekera, y I. Bakar, «CORRELATIONS OF SOIL CLASSIFICATION AND COMPACTION PARAMETERS WITH SOAKED AND UNSOAKED CBR OF SOILS», vol. 2, pp. 20-23, 2014.
- [3] W. K. Mak y N. Gofar, «The CBR Correlation with Soil Index Properties», vol. 5930, n.º 65, 1999.
- [4] F. P. Portilla Yandún y A. Pillajo de la Cruz, «DETERMINACIÓN DEL CBR DE LABORATORIO EN SUELOS GRANULARES Y SU CORRELACIÓN CON EL DCP PARA LA APLICACIÓN EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CAMINOS VECINALES», Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2001.
- [5] V. Yato *et al.*, «Correlation of California Bearing Ratio ( CBR ) Value with Soil Properties of Road Subgrade Soil», 2018.
- [6] Kaniz Rokhsana; Tabassum Islam; Abdul Muqtadir, «Relationship between CBR and Soil Index Properties of Bangladesh Soil Samples», *J. Mod. Sciecie Technol.*, vol. Vol. 6. No, n.º Pp. 0-0, p. 9, 2018.
- [7] J. Guardo, «Estudios geotécnicos, Una necesidad en obras civiles», *Ing. Desarro.*, vol. 6: 117-126, p. 10, 1999.
- [8] Z. S. Janjua, P. G. Student, y J. Chand, «CORRELATION OF CBR WITH INDEX PROPERTIES», vol. 7, n.º 5, pp. 57-62, 2016.
- [9] N. B. Shirur y S. G. Hiremath, «Establishing Relationship between Cbr Value and Physical Properties of Soil», vol. 11, n.º 5, pp. 26-30, 2014.
- [10] C. Of, C. B. R. With, I. Properties, O. F. Soils, I. N. Sululta, y A. Bekele, «Correlation of CBR with Index Properties of Soils in Sululta Town SCHOOL OF GRADUATE STUDIES By Alemayehu Bekele Addis Ababa Institute of

Technology Approved by Board of Examiners», 2017.

- [11] E. Juárez Badillo y A. Rico Rodríguez, *Mecánica de suelos*. México: Limusa Noriega Editores, 2005.
- [12] J. F. Calla Fernandez, *Geotecnia I*. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano, 2012.
- [13] J. E. Bowles, *Manual de LABORATORIOS DE SUELOS en Ingeniería Civil*. Bogotá: McGRAW-HILL LATNOAMERICANA, S.A, 1980.
- [14] G. Duque Escobar y C. E. Escobar Potes, *Mecánica de los Suelos*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia, 2002.
- [15] L. I. Gonzáles de Vallejo, M. Ferrer, L. Ortuño, y C. Oteo, *Ingeniería Geológica*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S.A., 2002.
- [16] D. Braja M, *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*, Cuarta Edi. México: CENGAGE Learning, 2015.
- [17] J. F. León Calderon y R. B. Zeas Cárdenas, «DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LOS ÍNDICES DCP IN SITU Y CBR DE LABORATORIO», Universidad de Cuenca, 2017.
- [18] A. O. Manotoa Santana, «ESTUDIO DE LA CORRELACIÓN ENTRE LOS ENSAYOS (DCP) PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO Y (CBR) RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA EN LOS DIFERENTES TIPOS DE SUELOS», Universidad Técnica de Ambato, 2016.
- [19] A. A. Angamarca Solano, «DETERMINACIÓN DEL CBR DE LABORATORIO Y NATURAL EN SUELOS FINOS Y SU CORRELACIÓN CON EL DCP PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB-RASANTE, EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES DE LA CIUDAD DE QUITO», Universidad Central del Ecuador, 2013.
- [20] «Laboratorio de suelos», Tarija, Bolivia, 2008.
- [21] W. A. Rivera Mena, «CORRELACIÓN DEL VALOR DE SOPORTE DE

CALIFORNIA (C.B.R) CON LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA Y LA PLASTICIDAD DEL SUELO», Universidad del Valle, 2013.

- [22] L. Chang, «( California Bearing Ratio )», *Calif. Bear. Ratio*, p. 47, 2015.
- [23] N. D6951, «MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL USO DEL PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO EN ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS», 1997.
- [24] C. M. Bencardino, *Estadística y muestreo*, Décima ter. Bogotá, 2012.
- [25] C. D. Aguilera Aguirre y A. V. Monar Tapia, «COMPARACIÓN TÉCNICA ENTRE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO DE MÓDULO RESILIENTE Y CBR PARA BASE Y SUBBASE. CASOS DE ESTUDIO MINA DE PIFO (QUITO - PICHINCHA) Y MINA DE PINTAG (QUITO - PICHINCHA)», Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2018.
- [26] J. S. Puentes Morales, «CORRELACIÓN ENTRE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE CBR DE CAMPO Y EL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN ESTÁNDAR SPT EN CONDICIONES NORMALES, EN SUELOS COHESIVOS LOCALIDAD DE SUBA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C», Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2018.
- [27] A. J. Campos Villafuerte, «DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CONSTANTINO FERNÁNDEZ - SAN BARTOLOMÉ DE PINLLO; QUEBRADA SHAHUANSHI», UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2016.
- [28] C. M. Robalino Barrea, «DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA UBICADA ENTRE LOS TRAMOS LAS ESTANCIAS - COLONIA GARCÍA MORENO DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO, DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA», UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2017.
- [29] J. N. Toscano Castillo, «DISEÑO DE LA VÍA PROVINCIAL EN EL TRAMO LA PILLAREÑA - EL CARMEN DEL CANTÓN PASTAZA EN LA

PROVINCIA DE PASTAZA, CON EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON METODOLOGÍA DEL SECTOR», UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2017.

- [30] O. Cordo, *Diseño de Pavimentos – AASHTO 93*. La Paz, 2006.
- [31] M. F. Laica Moreira, «DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL LA INDEPENDENCIA - ANILLO VIAL HACIA LA COMUNIDAD JAIME ROLDÓS AGUILERA II BLOQUE, UBICADO EN EL CANTÓN ARAJUNO, PROVINCIA DE PASTAZA», UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2016.
- [32] M. A. Salamanca Niño y S. A. Zuluaga Bautista, «DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MEDIO DE LOS MÉTODOS INVIAS, AASHTO 93 E INSTITUTO DEL ASFALTO PARA LA VÍA LA YE - SANTA LUCÍA BARRANCA LEBRIJA ENTRE LOS ABSCISAS K19+250 A K25+750 UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR», UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, 2014.
- [33] I. S. Orozco Quinga, «DISEÑO GEOMÉTRICO DE LOS TRAMOS VIALES QUE UNEN LOS SECTORES QUITOCUCHO Y SEGOVIA ALTO ENTRE LAS PARROQUIAS BOLÍVAR Y HUAMBALÓ DEL CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DEL TUNGURAHUA APLICANDO LOS SOFTWARE BIM DE ANIMACIÓN AutoCAD CIVIL 3D Y 3ds Max», UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2017.

## **ANEXOS**

- A. Ensayos realizados
- B. TPDA
- C. Pesos y dimensiones de vehículos
- D. Archivo fotográfico

A. Ensayos realizados

**Tabla 72.** Densidad de campo pozo 1



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Pinllo

Vía: San José - La Democracia

Profundidad: 80

Fecha: 17 - Jun - 2019

Muestra: 1

Proyecto: Tesis de Grado

Normas: AASHTO T 191 2014

Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig

Revisado Por: Ing. Favio Portilla

Coordenadas: X: 762829 Y: 9864347

**DENSIDAD DE CAMPO ( MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)**

**1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa**

<b>Ensayo Número</b>	<b>1</b>
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	2645
Peso de la funda (gr)	3,7
Peso de la masa del suelo (gr)	2641,3

**2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa**

Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6355
Peso final frasco + cono + arena (gr)	2200
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	1619
Peso arena en la perforación	2536
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,582
Volumen de la Perforación	1603,03

**3. Determinación del Contenido de Humedad Natural**

Recipiente número	80	82	78
Peso húmedo + recipiente (gr)	83,1	86,8	82,9
Peso seco + recipiente (gr)	75,7	78,8	75,4
Peso recipiente (gr)	30,8	30,8	30,8
Peso del agua (gr)	7,40	8,00	7,50
Peso de los sólidos (gr)	44,90	48,00	44,60
Contenido de humedad (%)	16,48	16,67	16,82
Contenido de humedad promedio (%)	16,65		

**4. Determinación de las fases del suelo**

	<b>Proporciones en Volúmenes</b>	<b>Proporciones en Peso</b>			
	Vv :	745,95			
	Va :	368,86		Wa	GS=
	Vw :	377,09	377,09	Ww	
	Vs :	857,08	2264,21	Ws	
Vm :	1603,0	2641,30			

**5. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso Volumétrico del suelo húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	1,648
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1,412
Contenido de Humedad Natural (%)	16,65
Relación de Vacíos	0,87
Porosidad (%)	46,53
Grado de Saturación del agua (%)	50,55
Grado de saturación del aire (%)	49,45

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Tabla 73. Densidad de campo pozo 2**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Pinllo

Vía: San José - La Democracia

Profundidad: 85

Fecha: 17 - Jun - 2019

Muestra: 2

Proyecto: Tesis de Grado

Normas: AASHTO T 191 2014

Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig

Revisado Por: Ing. Favio Portilla

Coordenadas: X: 763024 Y: 9864334

**DENSIDAD DE CAMPO ( MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)**

**1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa**

<b>Ensayo Número</b>	<b>1</b>
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	1895
Peso de la funda (gr)	3,4
Peso de la masa del suelo (gr)	1891,6

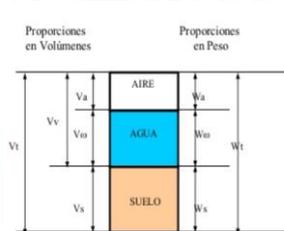
**2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa**

Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6360
Peso final frasco + cono + arena (gr)	2890
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	1619
Peso arena en la perforación	1851
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,582
Volumen de la Perforación	1170,04

**3. Determinación del Contenido de Humedad Natural**

Recipiente número	12	15	6
Peso húmedo + recipiente (gr)	76,5	78,2	75,6
Peso seco + recipiente (gr)	69,5	71	68,8
Peso recipiente (gr)	25,2	25,5	24,7
Peso del agua (gr)	7,00	7,20	6,80
Peso de los sólidos (gr)	44,30	45,50	44,10
Contenido de humedad (%)	15,80	15,82	15,42
Contenido de humedad promedio (%)	15,68		

**4. Determinación de las fases del suelo**



	Volumen	Pesos
Vv :	553,94	
Va :	297,52	
Vw :	256,42	256,42
Vs :	616,09	1635,18
Vm :	1170,0	1891,60

GS= 

	2,65
--	------

**5. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso Volumétrico del suelo húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	1,617
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1,398
Contenido de Humedad Natural (%)	15,68
Relación de Vacíos	0,90
Porosidad (%)	47,34
Grado de Saturación del agua (%)	46,29
Grado de saturación del aire (%)	53,71

**Autor: Juan Carlos Claudio Llumitasig**

**Tabla 74. Densidad de campo pozo 3**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: La Dolorosa  
 Profundidad: 75  
 Fecha: 27 - Jun - 2019  
 Muestra: 3

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 191 2014  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 763089 Y: 9867436

**DENSIDAD DE CAMPO ( MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)**

**1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa**

<b>Ensayo Número</b>	<b>1</b>
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	735
Peso de la funda (gr)	7,5
Peso de la masa del suelo (gr)	727,5

**2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa**

Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6320
Peso final frasco + cono + arena (gr)	5350
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	356
Peso arena en la perforación	614
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,582
Volumen de la Perforación	388,12

**3. Determinación del Contenido de Humedad Natural**

Recipiente número	41	3	59
Peso húmedo + recipiente (gr)	89,8	86,9	78,6
Peso seco + recipiente (gr)	79,5	76,4	70
Peso recipiente (gr)	30,9	26,7	30,6
Peso del agua (gr)	10,30	10,50	8,60
Peso de los sólidos (gr)	48,60	49,70	39,40
Contenido de humedad (%)	21,19	21,13	21,83
Contenido de humedad promedio (%)	21,38		

**4. Determinación de las fases del suelo**

	<b>Volumen</b>	<b>Pesos</b>			
	Vv :	163,32			
	Va :	35,16		Wa	GS=
	Vw :	128,16	128,16	Ww	
	Vs :	224,80	599,34	Ws	
Vm :	388,1	727,50			

**5. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso Volumétrico del suelo húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	1,874
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1,544
Contenido de Humedad Natural (%)	21,38
Relación de Vacíos	0,73
Porosidad (%)	42,08
Grado de Saturación del agua (%)	78,47
Grado de saturación del aire (%)	21,53

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 75. Densidad de campo pozo 4



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: La Dolorosa  
 Profundidad: 70  
 Fecha: 27 - Jun - 2019  
 Muestra: 4

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 191 2014  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 764343 Y: 9868123

**DENSIDAD DE CAMPO ( MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)**

**1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa**

Ensayo Número	1
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	690
Peso de la funda (gr)	7,5
Peso de la masa del suelo (gr)	682,5

**2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa**

Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6320
Peso final frasco + cono + arena (gr)	5390
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	356
Peso arena en la perforación	574
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,582
Volumen de la Perforación	362,83

**3. Determinación del Contenido de Humedad Natural**

Recipiente número	12	71	16
Peso húmedo + recipiente (gr)	88,7	93,6	75,8
Peso seco + recipiente (gr)	76,7	82,6	67,1
Peso recipiente (gr)	25,2	30,4	24,2
Peso del agua (gr)	12,00	11,00	8,70
Peso de los sólidos (gr)	51,50	52,20	42,90
Contenido de humedad (%)	23,30	21,07	20,28
Contenido de humedad promedio (%)	21,55		

**4. Determinación de las fases del suelo**

	Proportiones en Volúmenes	Proportiones en Peso			
	Vv :	149,50			
	Va :	28,49		Wa	GS= 2,63
	Vw :	121,01	121,01	Ww	
	Vs :	213,34	561,49	Ws	
	Vm :	362,8	682,50		

**5. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso Volumétrico del suelo húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	1,881
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1,548
Contenido de Humedad Natural (%)	21,55
Relación de Vacíos	0,70
Porosidad (%)	41,20
Grado de Saturación del agua (%)	80,94
Grado de saturación del aire (%)	19,06

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Tabla 76. Densidad de campo pozo 5**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: Angahuana - San Juan  
 Profundidad: 65  
 Fecha: 27 - Jun - 2019  
 Muestra: 5

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 191 2014  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 762987 Y: 9869630

**DENSIDAD DE CAMPO ( MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)**

**1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa**

<b>Ensayo Número</b>	<b>1</b>
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	645
Peso de la funda (gr)	7,5
Peso de la masa del suelo (gr)	637,5

**2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa**

Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6320
Peso final frasco + cono + arena (gr)	5395
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	356
Peso arena en la perforación	569
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,582
Volumen de la Perforación	359,67

**3. Determinación del Contenido de Humedad Natural**

Recipiente número	65	78	2
Peso húmedo + recipiente (gr)	95,9	91,1	87
Peso seco + recipiente (gr)	83,5	79,6	75
Peso recipiente (gr)	31	30,7	23,9
Peso del agua (gr)	12,40	11,50	12,00
Peso de los sólidos (gr)	52,50	48,90	51,10
Contenido de humedad (%)	23,62	23,52	23,48
Contenido de humedad promedio (%)	23,54		

**4. Determinación de las fases del suelo**

	Volume	Pesos		
	Vv :	162,61		
	Va :	41,13		Wa
	Vw :	121,47	121,47	Ww
	Vs :	197,06	516,03	Ws
	Vm :	359,7	637,50	

GS=	2,62
-----	------

**5. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso Volumétrico del suelo húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	1,772
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1,435
Contenido de Humedad Natural (%)	23,54
Relación de Vacíos	0,83
Porosidad (%)	45,21
Grado de Saturación del agua (%)	74,70
Grado de saturación del aire (%)	25,30

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 77. Densidad de campo pozo 6



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: Angahuana - San Juan  
 Profundidad: 80  
 Fecha: 27 - Jun - 2019  
 Muestra: 6

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 191 2014  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 761385 Y: 9867867

**DENSIDAD DE CAMPO ( MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)**

**1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa**

<b>Ensayo Número</b>	<b>1</b>
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	750
Peso de la funda (gr)	109,8
Peso de la masa del suelo (gr)	640,2

**2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa**

Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6320
Peso final frasco + cono + arena (gr)	5400
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	356
Peso arena en la perforación	564
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,582
Volumen de la Perforación	356,51

**3. Determinación del Contenido de Humedad Natural**

Recipiente número	21	66	80
Peso húmedo + recipiente (gr)	81,7	83,4	84,3
Peso seco + recipiente (gr)	74,4	74,6	71,5
Peso recipiente (gr)	27,5	30,7	30,8
Peso del agua (gr)	7,30	8,80	12,80
Peso de los sólidos (gr)	46,90	43,90	40,70
Contenido de humedad (%)	15,57	20,05	31,45
Contenido de humedad promedio (%)	22,35		

**4. Determinación de las fases del suelo**

	<b>Volume</b>	<b>Pesos</b>		
Vv :	157,65			
Va :	40,69		Wa	GS= 2,63
Vw :	116,96	116,96	Ww	
Vs :	198,86	523,24	Ws	
Vm :	356,5	640,20		

**5. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso Volumétrico del suelo húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	1,796
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1,468
Contenido de Humedad Natural (%)	22,35
Relación de Vacíos	0,79
Porosidad (%)	44,22
Grado de Saturación del agua (%)	74,19
Grado de saturación del aire (%)	25,81

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Tabla 78. Densidad de campo pozo 7**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: San José - La Libertad  
 Profundidad: 75  
 Fecha: 28 - Jun - 2019  
 Muestra: 7

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 191 2014  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 762414 Y: 9866895

**DENSIDAD DE CAMPO ( MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)**

**1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa**

<b>Ensayo Número</b>	<b>1</b>
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	735
Peso de la funda (gr)	7,5
Peso de la masa del suelo (gr)	727,5

**2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa**

Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6320
Peso final frasco + cono + arena (gr)	5335
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	356
Peso arena en la perforación	629
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,582
Volumen de la Perforación	397,60

**3. Determinación del Contenido de Humedad Natural**

Recipiente número	46	31	67
Peso húmedo + recipiente (gr)	74,9	77,9	80,9
Peso seco + recipiente (gr)	65,6	67,9	71,5
Peso recipiente (gr)	24,8	24,5	30,2
Peso del agua (gr)	9,30	10,00	9,40
Peso de los sólidos (gr)	40,80	43,40	41,30
Contenido de humedad (%)	22,79	23,04	22,76
Contenido de humedad promedio (%)	22,87		

**4. Determinación de las fases del suelo**

	<b>Volume</b>	<b>Pesos</b>		
	Vv :	174,35		
	Va :	38,96		Wa
	Vw :	135,39	135,39	Ww
	Vs :	223,25	592,11	Ws
	Vm :	397,6	727,50	

GS=	2,65
-----	------

**5. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso Volumétrico del suelo húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	1,830
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1,489
Contenido de Humedad Natural (%)	22,87
Relación de Vacíos	0,78
Porosidad (%)	43,85
Grado de Saturación del agua (%)	77,65
Grado de saturación del aire (%)	22,35

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Tabla 79.** Densidad de campo pozo 8



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: San José - La Libertad  
 Profundidad: 75  
 Fecha: 28 - Jun - 2019  
 Muestra: 8

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 191 2014  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 762505 Y: 9866207

**DENSIDAD DE CAMPO ( MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)**

**1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa**

<b>Ensayo Número</b>	<b>1</b>
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	685
Peso de la funda (gr)	7,5
Peso de la masa del suelo (gr)	677,5

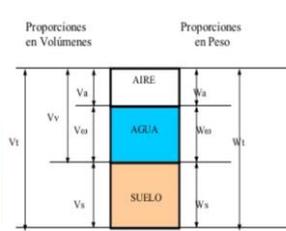
**2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa**

Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6320
Peso final frasco + cono + arena (gr)	5360
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	356
Peso arena en la perforación	604
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,582
Volumen de la Perforación	381,80

**3. Determinación del Contenido de Humedad Natural**

Recipiente número	41	3	78
Peso húmedo + recipiente (gr)	96,9	92,7	105,2
Peso seco + recipiente (gr)	87,9	83,8	95,2
Peso recipiente (gr)	30,9	26,7	30,8
Peso del agua (gr)	9,00	8,90	10,00
Peso de los sólidos (gr)	57,00	57,10	64,40
Contenido de humedad (%)	15,79	15,59	15,53
Contenido de humedad promedio (%)	15,63		

**4. Determinación de las fases del suelo**



	Volume	Pesos
$V_v$ :	157,55	
$V_a$ :	65,95	
$V_w$ :	91,60	91,60
$V_s$ :	224,24	585,90
$V_m$ :	381,8	677,50

$W_a$	GS=	2,61
-------	-----	------

**5. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso Volumétrico del suelo húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	1,775
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1,535
Contenido de Humedad Natural (%)	15,63
Relación de Vacíos	0,70
Porosidad (%)	41,27
Grado de Saturación del agua (%)	58,14
Grado de saturación del aire (%)	41,86

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Tabla 80. Densidad de campo pozo 9**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Pinllo

Vía: La Heroína - Santa Marianita

Profundidad: 70

Fecha: 28 - Jun - 2019

Muestra: 9

Proyecto: Tesis de Grado

Normas: AASHTO T 191 2014

Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig

Revisado Por: Ing. Favio Portilla

Coordenadas: X: 762543 Y: 9865052

**DENSIDAD DE CAMPO ( MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)**

**1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa**

<b>Ensayo Número</b>	<b>1</b>
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	730
Peso de la funda (gr)	7,5
Peso de la masa del suelo (gr)	722,5

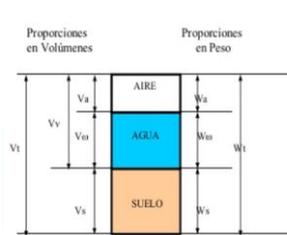
**2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa**

Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6320
Peso final frasco + cono + arena (gr)	5310
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	356
Peso arena en la perforación	654
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,582
Volumen de la Perforación	413,40

**3. Determinación del Contenido de Humedad Natural**

Recipiente número	12	65	59
Peso húmedo + recipiente (gr)	99,2	101,6	99,6
Peso seco + recipiente (gr)	86,4	89,4	87,6
Peso recipiente (gr)	25,2	31	30,6
Peso del agua (gr)	12,80	12,20	12,00
Peso de los sólidos (gr)	61,20	58,40	57,00
Contenido de humedad (%)	20,92	20,89	21,05
Contenido de humedad promedio (%)	20,95		

**4. Determinación de las fases del suelo**



	Volume	Pesos
Vv :	188,41	
Va :	63,25	
Vw :	125,16	125,16
Vs :	225,00	597,34
Vm :	413,4	722,50

Wa	GS=	2,65
----	-----	------

**5. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso Volumétrico del suelo húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	1,748
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1,445
Contenido de Humedad Natural (%)	20,95
Relación de Vacíos	0,84
Porosidad (%)	45,57
Grado de Saturación del agua (%)	66,43
Grado de saturación del aire (%)	33,57

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Tabla 81.** Densidad de campo pozo 10



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Pinllo

Vía: La Heroína - Santa Marianita

Profundidad: 85

Fecha: 28 - Jun - 2019

Muestra: 10

Proyecto: Tesis de Grado

Normas: AASHTO T 191 2014

Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig

Revisado Por: Ing. Favio Portilla

Coordenadas: X: 763207 Y: 9864577

**DENSIDAD DE CAMPO ( MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)**

**1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa**

<b>Ensayo Número</b>	<b>1</b>
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	780
Peso de la funda (gr)	7,5
Peso de la masa del suelo (gr)	772,5

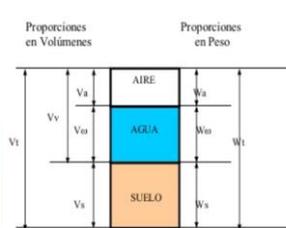
**2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa**

Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6320
Peso final frasco + cono + arena (gr)	5270
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	356
Peso arena en la perforación	694
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,582
Volumen de la Perforación	438,69

**3. Determinación del Contenido de Humedad Natural**

Recipiente número	21	71	2
Peso húmedo + recipiente (gr)	93,2	100,7	89,2
Peso seco + recipiente (gr)	86,9	94	83
Peso recipiente (gr)	27,5	30,4	23,9
Peso del agua (gr)	6,30	6,70	6,20
Peso de los sólidos (gr)	59,40	63,60	59,10
Contenido de humedad (%)	10,61	10,53	10,49
Contenido de humedad promedio (%)	10,54		

**4. Determinación de las fases del suelo**



	Volume	Pesos
Vv :	176,10	
Va :	102,42	
Vw :	73,68	73,68
Vs :	262,58	698,82
Vm :	438,7	772,50

Wa	GS=	2,66
----	-----	------

**5. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso Volumétrico del suelo húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	1,761
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1,593
Contenido de Humedad Natural (%)	10,54
Relación de Vacíos	0,67
Porosidad (%)	40,14
Grado de Saturación del agua (%)	41,84
Grado de saturación del aire (%)	58,16

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 82. Densidad de campo pozo 11



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Pinllo  
 Vía: El Alcance - Quisapincha  
 Profundidad: 80  
 Fecha: 28 - Jun - 2019  
 Muestra: 11

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 191 2014  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 761720 Y: 9863393

**DENSIDAD DE CAMPO ( MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)**

**1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa**

<b>Ensayo Número</b>	<b>1</b>
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	705
Peso de la funda (gr)	7,5
Peso de la masa del suelo (gr)	697,5

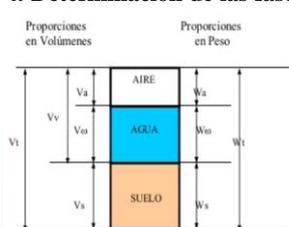
**2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa**

Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6320
Peso final frasco + cono + arena (gr)	5345
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	356
Peso arena en la perforación	619
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,582
Volumen de la Perforación	391,28

**3. Determinación del Contenido de Humedad Natural**

Recipiente número	80	66	16
Peso húmedo + recipiente (gr)	93,5	95,6	99,7
Peso seco + recipiente (gr)	81,9	83,5	85,8
Peso recipiente (gr)	30,8	30,7	24,2
Peso del agua (gr)	11,60	12,10	13,90
Peso de los sólidos (gr)	51,10	52,80	61,60
Contenido de humedad (%)	22,70	22,92	22,56
Contenido de humedad promedio (%)	22,73		

**4. Determinación de las fases del suelo**



	Volume	Pesos	
Vv :	174,57		
Va :	45,40		Wa
Vw :	129,17	129,17	Ww
Vs :	216,71	568,33	Ws
Vm :	391,3	697,50	

GS=	2,62
-----	------

**5. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso Volumétrico del suelo húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	1,783
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1,453
Contenido de Humedad Natural (%)	22,73
Relación de Vacíos	0,81
Porosidad (%)	44,61
Grado de Saturación del agua (%)	73,99
Grado de saturación del aire (%)	26,01

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 83. Densidad de campo pozo 12



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Pinllo  
 Vía: El Alcance - Quisapincha  
 Profundidad: 65  
 Fecha: 02 - Jul - 2019  
 Muestra: 12

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 191 2014  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 761586 Y: 9863707

**DENSIDAD DE CAMPO ( MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)**

**1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa**

<b>Ensayo Número</b>	<b>1</b>
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	745
Peso de la funda (gr)	7,5
Peso de la masa del suelo (gr)	737,5

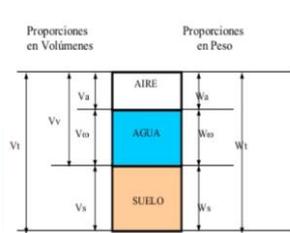
**2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa**

Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6320
Peso final frasco + cono + arena (gr)	5325
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	356
Peso arena en la perforación	639
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,582
Volumen de la Perforación	403,92

**3. Determinación del Contenido de Humedad Natural**

Recipiente número	71	21	80
Peso húmedo + recipiente (gr)	86,6	87,9	85
Peso seco + recipiente (gr)	76,7	77,6	75,8
Peso recipiente (gr)	30,4	27,5	30,8
Peso del agua (gr)	9,90	10,30	9,20
Peso de los sólidos (gr)	46,30	50,10	45,00
Contenido de humedad (%)	21,38	20,56	20,44
Contenido de humedad promedio (%)	20,80		

**4. Determinación de las fases del suelo**



	Volume	Pesos	
Vv :	173,23		
Va :	46,27		Wa
Vw :	126,96	126,96	Ww
Vs :	230,69	610,54	Ws
Vm :	403,9	737,50	

GS=	2,65
-----	------

**5. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso Volumétrico del suelo húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	1,826
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1,512
Contenido de Humedad Natural (%)	20,80
Relación de Vacíos	0,75
Porosidad (%)	42,89
Grado de Saturación del agua (%)	73,29
Grado de saturación del aire (%)	26,71

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 84. DCP pozo 1



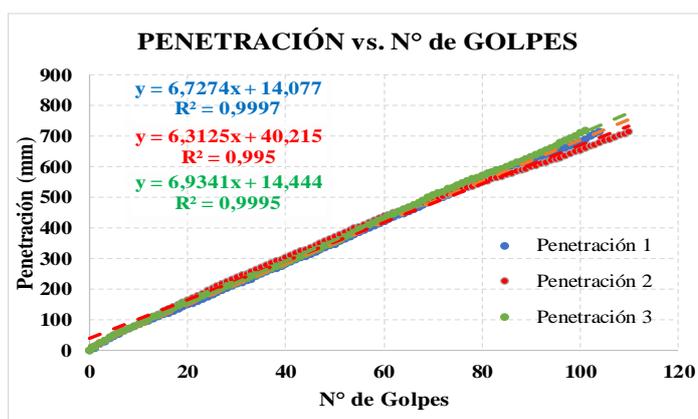
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Pinllo  
 Vía: San José - La Democracia  
 Profundidad: 80  
 Fecha: 17 - Jun - 2019  
 Muestra: 1

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: ASTM D 6951-03  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 762829 Y: 9864347

**ENSAYO DCP**



DN ( mm/golpe)		DN ( Prom)
1	6,7274	6,66
2	6,3125	
3	6,9341	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	7	10	11
2	20	22	23
3	30	31	32
4	40	41	41
5	47	50	50
6	55	59	57
7	63	64	65
8	70	72	72
9	78	80	80
10	84	87	87
11	92	96	94
12	97	104	101
13	104	112	109
14	111	119	115
15	117	127	123
16	123	134	130
17	130	143	139
18	136	151	145
19	142	157	152
20	149	165	159
21	155	171	165
22	161	179	171
23	169	187	179
24	176	195	184
25	183	203	190
26	189	210	197
27	196	217	203
28	203	225	210
29	211	231	215
30	218	238	222

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
31	223	245	228
32	229	251	235
33	233,6	258	242
34	243	265	248
35	249	271	254
36	256	279	260
37	263	285	267
38	269	292	274
39	275	298	280
40	282	305	287
41	288	311	294
42	295	317	301
43	302	324	307
44	309	330	314
45	316	336	321
46	323	343	327
47	330	350	334
48	337	357	342
49	342	364	348
50	348	371	355
51	356	378	362
52	364	385	370
53	371	392	379
54	379	399	386
55	386	405	395
56	394	411	402
57	401	418	410
58	407	425	417
59	414	431	424
60	422	438	432
61	428	444	439

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
62	435	450	446
63	442	455	454
64	447	460	462
65	454	466	469
66	461	473	476
67	469	478	484
68	475	484	491
69	482	490	499
70	489	496	506
71	496	500	514
72	502	505	520
73	509	510	528
74	515	517	534
75	522	522	541
76	529	527	548
77	534	532	554
78	540	538	560
79	548	543	566
80	554	549	571
81	559	555	578
82	566	560	584
83	572	565	590
84	579	570	595
85	584	575	601
86	590	580	607
87	597	585	614
88	603	590	620
89	609	595	627
90	615	601	634
91	622	606	640
92	629	611	647

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
93	635	616	655
94	642	621	662
95	650	626	670
96	657	631	678
97	661	636	686
98	669	643	694
99	677	649	702
100	684	654	711
101	691	661	718
102	700	667	
103	709	673	
104	716	679	
105		685	
106		691	
107		697	
108		703	
109		709	
110		715	

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

Tabla 85. DCP pozo 2



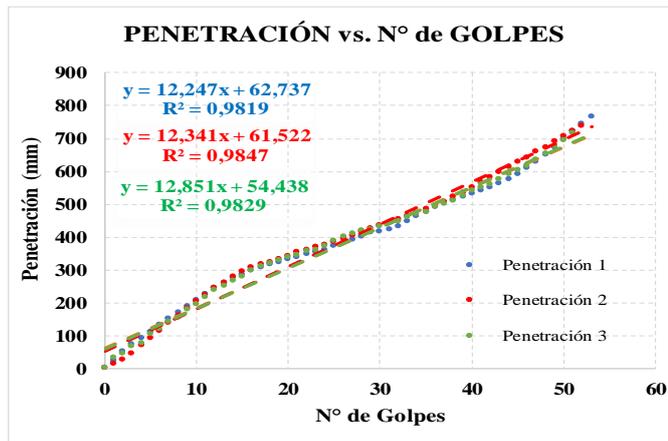
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Pinllo  
 Vía: San José - La Democracia  
 Profundidad: 85  
 Fecha: 17 - Jun - 2019  
 Muestra: 2

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: ASTM D 6951-03  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 763024 Y: 9864334

**ENSAYO DCP**



DN ( mm/golpe)	DN ( Prom)
1	12,247
2	12,341
3	12,851
12,48	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	22	15	33
2	50	25	45
3	72	45	66
4	92	69	75
5	112	92	105
6	131	115	120
7	151	139	141
8	170	160	155
9	189	182	179
10	208	203	195
11	227	224	215
12	244	244	238
13	259	260	252
14	274	280	265
15	286	294	280
16	296	305	296
17	306	315	310
18	315	323	319
19	323	333	328
20	331	341	338
21	339	352	345
22	346	359	355
23	353	369	360
24	360	376	371
25	373	385	388
26	380	395	400
27	392	403	410
28	399	414	418
29	411	424	423
30	417	434	430

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
31	423	443	440
32	430	453	447
33	448	462	458
34	461	473	469
35	474	484	475
36	489	494	490
37	504	506	500
38	512	520	510
39	520	534	525
40	530	550	539
41	540	566	549
42	550	582	560
43	562	596	575
44	575	611	589
45	590	626	601
46	607	641	615
47	627	657	634
48	650	672	652
49	672	689	674
50	696	705	692
51	719	720	714
52	742	735	
53	764		

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 86. DCP pozo 3

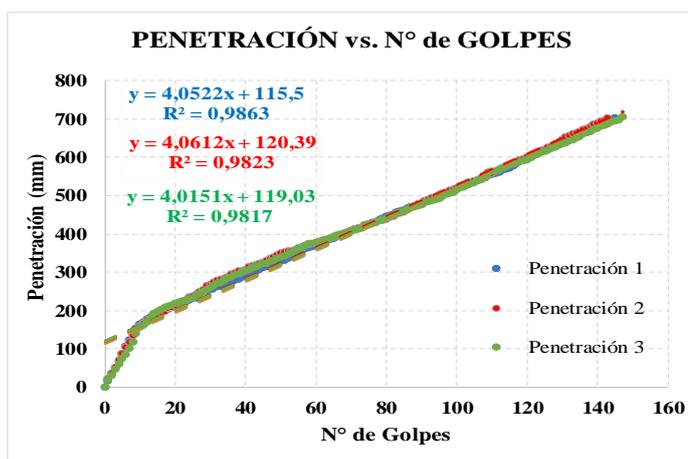


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Constantino Fernández    Proyecto: Tesis de Grado  
 Vía: La Dolorosa    Normas: ASTM D 6951-03  
 Profundidad: 75    Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Fecha: 27 - Jun - 2019    Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Muestra: 3    Coordenadas: X: 763089 Y: 9867436

**ENSAYO DCP**



DN ( mm/golpe)		DN ( Prom)
1	4,0522	4,04
2	4,0612	
3	4,0151	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	15	21	18
2	35	36	30
3	49	50	45
4	67	71	59
5	87	87	72
6	105	104	85
7	123	117	100
8	136	133	118
9	152	148	140
10	163	157	155
11	170	165	161
12	178	174	170
13	183	177	180
14	188	182	191
15	193	187	197
16	196	193	203
17	200	195	206
18	203	204	210
19	206	208	214
20	209	212	217
21	213	217	220
22	216	222	223
23	222	227	224
24	227	234	229
25	231	238	233
26	233	243	238
27	244	248	242
28	248	255	247
29	252	264	254
30	254	268	260

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
31	257	273	265
32	261	277	270
33	263	280	274
34	267	284	279
35	270	287	283
36	273	294	287
37	278	297	291
38	281	302	295
39	286	304	299
40	291	307	304
41	295	313	307
42	299	316	311
43	303	319	314
44	307	323	317
45	312	326	321
46	315	330	323
47	319	335	327
48	322	338	331
49	327	344	335
50	328	349	339
51	331	351	342
52	336	355	346
53	340	356	350
54	344	358	355
55	355	363	361
56	357	365	364
57	360	369	368
58	364	371	373
59	367	374	375
60	372	377	376
61	376	379	378

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
62	380	382	381
63	382	385	384
64	386	388	388
65	389	392	391
66	393	395	394
67	396	397	398
68	399	400	401
69	402	404	403
70	406	407	407
71	409	411	410
72	412	414	413
73	416	418	416
74	421	422	420
75	424	425	423
76	428	427	426
77	432	431	430
78	437	434	433
79	441	435	436
80	444	437	440
81	448	442	444
82	451	446	449
83	455	450	452
84	458	453	457
85	462	456	460
86	466	462	463
87	469	468	466
88	473	472	470
89	476	478	473
90	479	481	476
91	483	485	480
92	488	490	483

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
93	491	494	486
94	494	498	489
95	496	502	492
96	501	505	497
97	506	509	502
98	509	513	505
99	513	517	509
100	517	520	514
101	521	524	518
102	524	527	523
103	528	532	526
104	532	535	530
105	535	539	534
106	539	542	538
107	544	546	542
108	547	550	546
109	551	554	560
110	554	558	562
111	557	563	564
112	561	567	566
113	565	572	570
114	567	576	573
115	571	579	578
116	576	584	581
117	582	587	584
118	589	592	587
119	594	596	590
120	597	600	594
121	601	604	599
122	605	607	603
123	610	613	607
124	614	617	611
125	617	621	614
126	620	625	618
127	624	629	622
128	629	634	626
129	633	639	630
130	636	644	634
131	640	652	637
132	644	656	641
133	648	661	644
134	652	665	649
135	656	668	654
136	660	672	660
137	665	676	664
138	669	681	668
139	674	685	672
140	677	689	676
141	682	693	679
142	687	697	684
143	692	702	686
144	699		690
145	702		694
146			698
147			704

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 87. DCP pozo 4

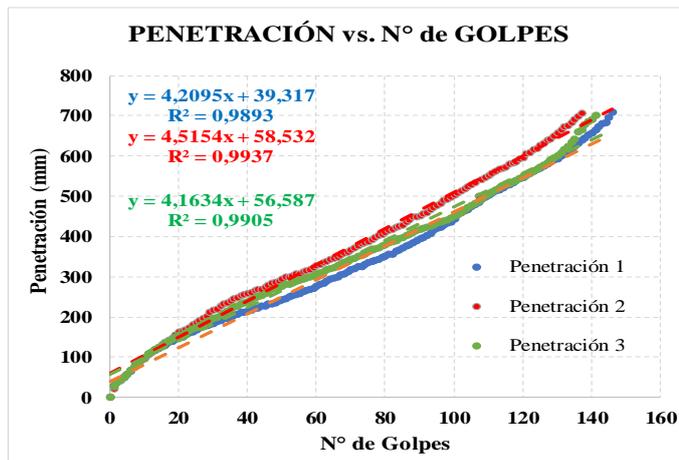


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Constantino Fernández    Proyecto: Tesis de Grado  
 Vía: La Dolorosa    Normas: ASTM D 6951-03  
 Profundidad: 70    Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Fecha: 27 - Jun - 2019    Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Muestra: 4    Coordenadas: X: 764343 Y: 9868123

**ENSAYO DCP**



DN ( mm/golpe)	DN ( Prom)
1	4,30
2	
3	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	29	21	25
2	38	36	37
3	42	42	43
4	49	51	50
5	57	57	58
6	66	67	68
7	74	75	74
8	83	83	85
9	92	91	93
10	98	96	97
11	106	106	108
12	110	112	111
13	115	120	118
14	122	124	123
15	127	132	130
16	130	136	134
17	136	142	140
18	140	148	144
19	145	154	149
20	149	162	154
21	151	166	156
22	157	169	161
23	159	174	164
24	162	180	170
25	167	186	173
26	172	192	179
27	176	197	183
28	179	202	188
29	181	211	192
30	184	216	196

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
31	188	220	199
32	190	226	205
33	195	231	208
34	197	235	214
35	200	240	220
36	204	245	224
37	206	248	226
38	211	253	231
39	212	255	235
40	213	258	238
41	217	261	242
42	221	265	247
43	223	267	250
44	226	269	254
45	228	274	257
46	232	278	261
47	233	283	267
48	236	286	270
49	239	289	273
50	242	294	276
51	246	298	280
52	249	300	282
53	252	303	286
54	255	306	289
55	259	308	291
56	262	313	293
57	265	314	296
58	268	317	300
59	272	323	303
60	277	327	306
61	281	330	309

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
62	285	334	313
63	288	339	316
64	293	343	319
65	297	346	323
66	300	349	327
67	304	353	331
68	308	358	335
69	312	362	339
70	316	367	342
71	319	372	345
72	324	377	350
73	326	382	352
74	330	384	357
75	335	386	363
76	338	391	366
77	340	396	370
78	344	401	372
79	347	406	376
80	350	410	380
81	356	416	383
82	357	418	387
83	364	422	390
84	367	426	394
85	371	429	398
86	376	436	402
87	380	440	406
88	384	448	410
89	389	449	414
90	394	451	418
91	396	456	420
92	402	460	423

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
93	408	466	426
94	414	471	429
95	419	476	432
96	422	483	435
97	427	489	438
98	432	493	441
99	437	498	445
100	444	502	450
101	453	508	455
102	458	513	460
103	463	518	466
104	467	523	471
105	474	528	476
106	480	534	481
107	485	499	487
108	492	542	493
109	497	546	500
110	503	551	505
111	507	557	511
112	512	563	515
113	516	566	520
114	521	569	526
115	525	573	529
116	528	579	532
117	534	583	536
118	538	586	540
119	543	593	544
120	546	596	548
121	551	607	552
122	556	609	558
123	561	615	563
124	566	618	568
125	570	626	573
126	575	632	578
127	580	639	583
128	584	643	589
129	590	650	595
130	594	658	601
131	600	664	609
132	606	672	617
133	611	676	625
134	618	682	635
135	625	691	641
136	631	699	659
137	639	705	666
138	645		678
139	652		685
140	658		692
141	666		701
142	674		
143	680		
144	684		
145	695		
146	709		

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 88. DCP pozo 5

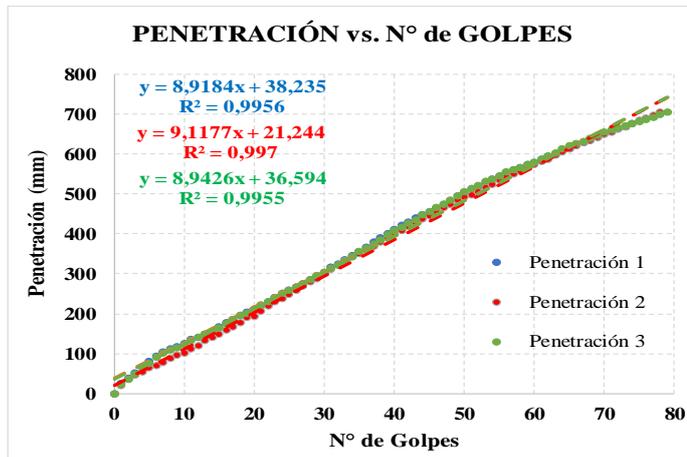


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Constantino Fernández    Proyecto: Tesis de Grado  
 Vía: Angahuana - San Juan            Normas: ASTM D 6951-03  
 Profundidad: 65                            Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Fecha: 27 - Jun - 2019                  Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Muestra: 5                                    Coordenadas: X: 762987 Y: 9869630

**ENSAYO DCP**



DN ( mm/golpe)		DN ( Prom)
1	8,9184	8,99
2	9,1177	
3	8,9426	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	25	20	23
2	39	35	37
3	52	47	50
4	67	55	65
5	80	64	75
6	94	70	91
7	104	78	101
8	112	88	110
9	118	96	115
10	125	103	123
11	135	112	132
12	142	120	141
13	149	133	150
14	158	140	157
15	167	149	166
16	177	159	175
17	186	167	185
18	195	178	196
19	204	190	202
20	213	194	211
21	221	208	222
22	229	219	230
23	242	229	241
24	251	239	250
25	259	249	260
26	268	259	267
27	276	269	275
28	285	279	286
29	294	289	295
30	305	300	303

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
31	316	311	313
32	325	322	323
33	335	332	333
34	346	342	344
35	354	352	355
36	366	361	365
37	379	370	375
38	390	380	386
39	401	390	397
40	411	400	408
41	421	409	417
42	430	419	426
43	439	428	436
44	448	437	447
45	457	446	457
46	465	456	466
47	474	466	475
48	483	475	484
49	495	484	495
50	503	492	505
51	513	499	514
52	520	507	521
53	530	515	531
54	537	524	538
55	545	534	546
56	553	542	555
57	560	550	561
58	567	557	567
59	574	566	573
60	580	573	580
61	587	582	588

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
62	594	587	596
63	601	597	604
64	608	606	612
65	614	614	620
66	620	620	626
67	628	628	632
68	634	634	640
69	642	641	648
70	649	649	654
71	655	655	660
72	663	662	665
73	668	669	671
74	677	675	676
75	683	683	682
76	690	690	688
77	695	697	693
78	701	704	699
79			705

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 89. DCP pozo 6

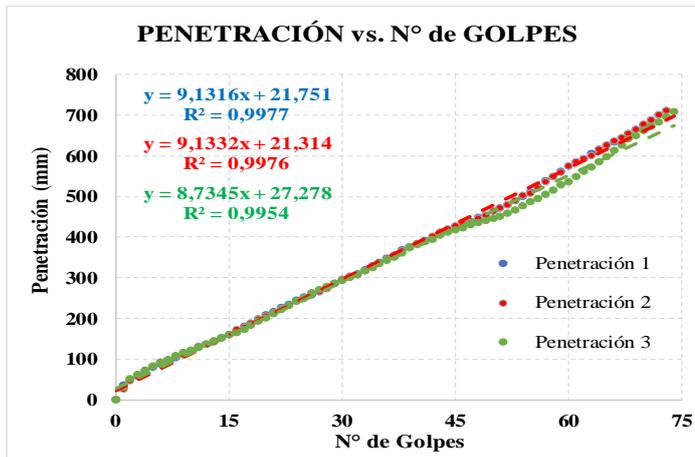


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Constantino Fernández    Proyecto: Tesis de Grado  
 Vía: Angahuana - San Juan            Normas: ASTM D 6951-03  
 Profundidad: 80                            Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Fecha: 27 - Jun - 2019                  Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Muestra: 6                                  Coordenadas: X: 761385 Y: 9867867

**ENSAYO DCP**



DN ( mm/golpe)		DN ( Prom)
1	9,1316	9,00
2	9,1332	
3	8,7345	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	35	25	30
2	48	45	50
3	59	57	61
4	69	71	71
5	78	81	82
6	87	91	90
7	96	95	98
8	102	105	106
9	109	110	114
10	119	120	121
11	128	131	129
12	136	135	135
13	144	142	143
14	152	150	150
15	158	160	158
16	168	171	164
17	180	177	171
18	188	187	182
19	198	197	192
20	207	205	200
21	216	214	210
22	225	223	220
23	234	232	231
24	243	241	241
25	251	250	250
26	257	260	262
27	265	265	271
28	274	272	278
29	284	285	285
30	294	296	292

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
31	301	303	300
32	309	307	309
33	319	317	316
34	328	329	324
35	338	334	335
36	346	345	341
37	356	354	350
38	367	366	361
39	375	376	374
40	382	380	382
41	391	389	388
42	397	400	394
43	408	411	404
44	416	418	411
45	425	426	417
46	430	432	422
47	438	436	430
48	447	446	435
49	454	454	440
50	462	462	445
51	470	470	451
52	478	479	458
53	489	488	465
54	500	501	475
55	510	507	486
56	523	520	494
57	537	535	505
58	548	547	515
59	562	559	527
60	573	573	535
61	583	584	548

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
62	593	592	560
63	605	601	572
64	616	614	585
65	625	626	598
66	634	635	612
67	644	644	626
68	654	655	640
69	664	665	650
70	675	676	661
71	688	687	672
72	699	700	681
73	711	710	694
74			709

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 90. DCP pozo 7

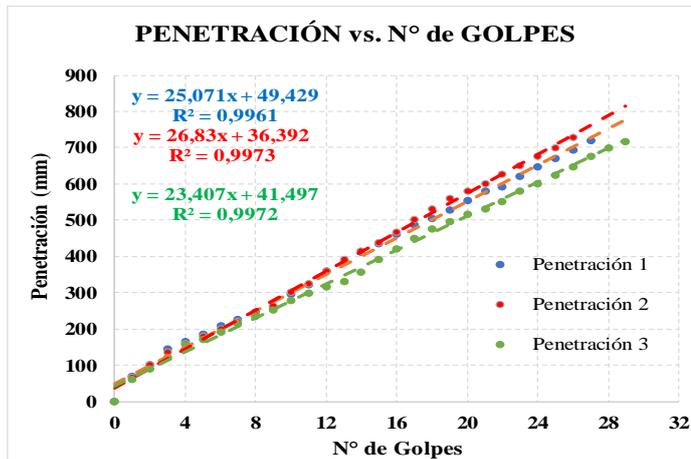


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Constantino Fernández    Proyecto: Tesis de Grado  
 Vía: San José - La Libertad        Normas: ASTM D 6951-03  
 Profundidad: 75                        Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Fecha: 28 - Jun - 2019                Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Muestra: 7                                Coordenadas: X: 762414 Y: 9866895

**ENSAYO DCP**



DN ( mm/golpe)		DN ( Prom)
1	25,071	25,10
2	26,83	
3	23,407	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	70	65	60
2	100	100	90
3	145	135	120
4	165	160	155
5	186	180	170
6	208	200	191
7	225	219	215
8	246	241	234
9	260	262	251
10	295	300	278
11	320	325	299
12	358	360	316
13	388	390	331
14	410	415	356
15	435	438	390
16	460	465	419
17	486	500	450
18	504	530	475
19	526	560	495
20	553	580	516
21	579	600	530
22	592	625	550
23	621	650	579
24	645	674	600
25	670	698	623
26	694	728	647
27	720		675
28			697
29			715

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 91. DCP pozo 8

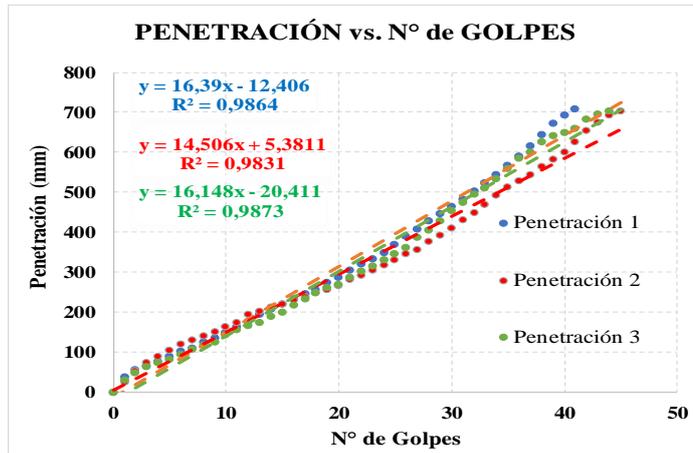


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Constantino Fernández    Proyecto: Tesis de Grado  
 Vía: San José - La Libertad        Normas: ASTM D 6951-03  
 Profundidad: 75                        Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Fecha: 28 - Jun - 2019                Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Muestra: 8                                Coordenadas: X: 762505 Y: 9866207

**ENSAYO DCP**



DN ( mm/golpe)		DN ( Prom)
1	16,39	15,68
2	14,506	
3	16,148	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	39	27	30
2	56	53	50
3	68	75	64
4	78	90	75
5	89	105	83
6	103	121	95
7	111	130	107
8	125	142	118
9	136	152	125
10	150	164	144
11	164	175	156
12	178	194	167
13	194	203	175
14	208	212	189
15	222	221	201
16	233	231	219
17	246	240	234
18	258	248	248
19	274	256	263
20	289	267	271
21	306	282	288
22	320	293	302
23	334	305	316
24	350	318	331
25	370	332	347
26	391	346	363
27	409	358	388
28	430	377	405
29	447	394	430
30	464	412	455

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
31	483	431	475
32	503	450	496
33	524	471	510
34	544	492	535
35	568	513	561
36	592	530	586
37	617	545	600
38	644	565	628
39	672	584	643
40	693	602	651
41	709	627	660
42		654	684
43		676	695
44		694	705
45		704	

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 92. DCP pozo 9



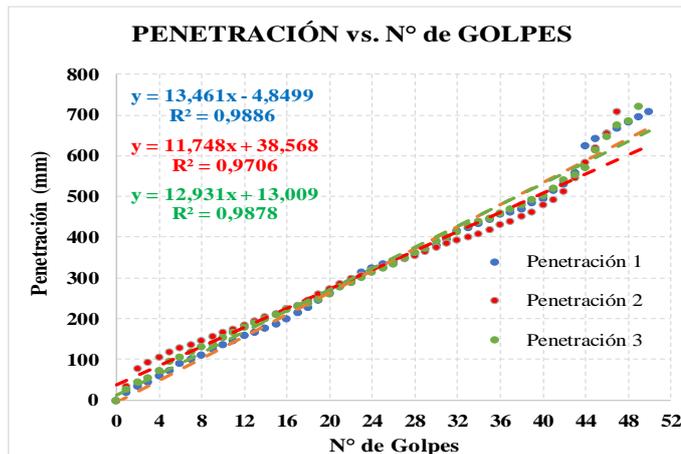
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Pinllo  
 Vía: La Heroína - Santa Marianita  
 Profundidad: 70  
 Fecha: 28 - Jun - 2019  
 Muestra: 9

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: ASTM D 6951-03  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 762543 Y: 9865052

**ENSAYO DCP**



DN ( mm/golpe)		DN ( Prom)
1	13,461	12,71
2	11,748	
3	12,931	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	20	36	28
2	35	78	45
3	46	94	55
4	60	107	74
5	74	119	96
6	90	128	107
7	100	137	120
8	112	148	131
9	126	158	140
10	137	167	154
11	148	175	168
12	159	184	180
13	168	194	191
14	178	205	201
15	188	214	211
16	200	225	223
17	215	234	230
18	228	247	239
19	246	261	249
20	263	274	261
21	279	286	278
22	295	299	290
23	315	308	301
24	325	319	315
25	334	328	325
26	341	336	335
27	350	349	351
28	361	355	363
29	371	366	373
30	382	377	390

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
31	396	386	400
32	417	394	415
33	425	401	428
34	433	410	439
35	445	420	448
36	457	431	460
37	463	440	470
38	471	451	481
39	484	462	493
40	495	479	503
41	516	493	520
42	530	512	541
43	559	545	555
44	624	584	571
45	642	621	614
46	655	656	647
47	668	710	675
48	684		686
49	697		721
50	709		

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 93. DCP pozo 10



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Pinllo

Vía: La Heroína - Santa Marianita

Profundidad: 85

Fecha: 28 - Jun - 2019

Muestra: 10

Proyecto: Tesis de Grado

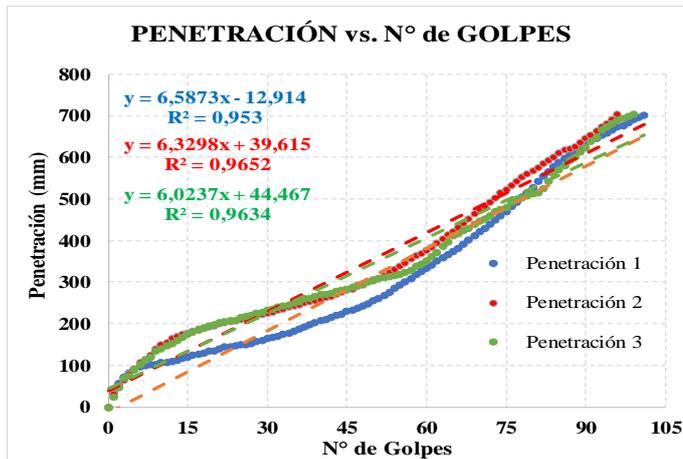
Normas: ASTM D 6951-03

Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig

Revisado Por: Ing. Favio Portilla

Coordenadas: X: 763207 Y: 9864577

**ENSAYO DCP**



DN ( mm/golpe)		DN ( Prom)
1	6,5873	6,31
2	6,3298	
3	6,0237	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	33	32	25
2	56	50	46
3	72	65	69
4	82	80	75
5	89	93	90
6	96	106	101
7	99	114	111
8	101	126	121
9	103	140	134
10	106	150	140
11	108	155	148
12	110	165	153
13	112	170	160
14	116	175	168
15	119	178	174
16	124	183	180
17	128	188	186
18	131	190	191
19	134	193	195
20	136	195	199
21	141	200	202
22	145	203	205
23	146	205	207
24	147	208	209
25	150	210	215
26	151	213	219
27	153	216	221
28	157	219	225
29	161	222	228
30	166	225	233

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
31	168	228	236
32	170	232	240
33	174	235	244
34	178	240	246
35	184	243	250
36	188	245	254
37	194	250	260
38	198	253	262
39	203	256	267
40	207	258	270
41	211	263	272
42	215	266	274
43	220	270	278
44	224	276	282
45	230	280	284
46	234	284	289
47	238	290	293
48	244	294	297
49	249	300	301
50	255	306	303
51	262	310	308
52	268	317	311
53	277	325	314
54	285	332	317
55	293	340	320
56	300	346	325
57	308	356	330
58	318	363	338
59	327	368	345
60	335	376	352
61	342	385	362

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
62	352	395	372
63	360	405	388
64	367	415	396
65	374	422	411
66	383	432	418
67	393	442	424
68	403	452	430
69	412	464	441
70	421	474	448
71	430	482	453
72	439	492	461
73	449	503	470
74	459	515	475
75	470	524	481
76	482	533	492
77	493	544	500
78	506	552	503
79	516	560	508
80	527	568	513
81	542	576	516
82	555	586	526
83	566	594	543
84	578	600	560
85	589	610	571
86	599	618	582
87	608	620	593
88	617	626	601
89	625	636	613
90	637	646	624
91	643	654	640
92	646	664	649

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
93	653	675	666
94	659	682	674
95	666	693	681
96	675	704	689
97	677		694
98	683		699
99	691		705
100	696		
101	702		

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 94. DCP pozo 11



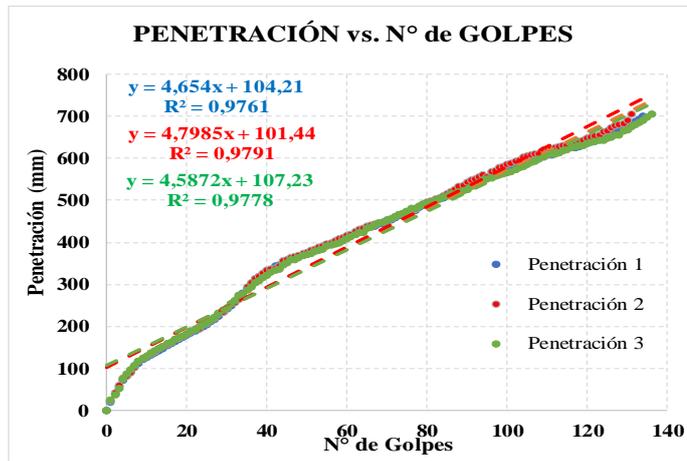
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Pinllo  
 Vía: El Alcance - Quisapincha  
 Profundidad: 80  
 Fecha: 28 - Jun - 2019  
 Muestra: 11

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: ASTM D 6951-03  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 761720 Y: 9863393

**ENSAYO DCP**



DN ( mm/golpe)		DN ( Prom)
1	4,654	4,68
2	4,7985	
3	4,5872	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	20	23	25
2	40	42	38
3	57	60	53
4	71	76	75
5	83	82	88
6	93	89	96
7	104	102	108
8	113	117	117
9	121	124	124
10	126	129	129
11	132	134	136
12	136	139	142
13	143	147	148
14	148	152	151
15	154	157	159
16	159	161	163
17	165	169	170
18	169	172	174
19	175	178	178
20	179	181	183
21	184	187	189
22	189	194	192
23	194	195	198
24	199	203	203
25	205	207	208
26	211	215	214
27	217	220	221
28	225	228	231
29	233	235	238
30	241	244	244

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
31	248	253	253
32	258	257	262
33	268	264	273
34	278	276	276
35	291	295	287
36	301	304	295
37	311	314	305
38	318	320	310
39	324	327	316
40	329	334	321
41	333	336	328
42	343	339	333
43	347	345	336
44	352	356	346
45	355	358	351
46	361	364	358
47	364	366	360
48	367	370	364
49	371	375	369
50	373	377	371
51	377	381	374
52	381	383	378
53	386	390	382
54	388	391	385
55	393	396	391
56	396	398	394
57	401	404	397
58	407	410	400
59	409	411	404
60	413	417	410
61	418	420	413

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
62	422	426	419
63	428	431	423
64	432	435	425
65	437	439	433
66	439	442	436
67	440	445	442
68	443	446	447
69	445	449	450
70	451	453	454
71	453	457	457
72	458	461	462
73	463	466	466
74	467	469	470
75	471	474	475
76	475	478	481
77	477	480	482
78	483	487	486
79	489	491	490
80	491	495	494
81	496	499	496
82	501	504	501
83	504	506	504
84	507	510	508
85	510	515	511
86	513	521	515
87	517	525	516
88	523	534	521
89	530	536	524
90	533	543	527
91	540	549	533
92	543	552	536

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
93	546	555	544
94	550	560	549
95	554	556	551
96	556	569	553
97	558	571	559
98	565	578	560
99	568	581	563
100	569	586	566
101	576	588	569
102	578	594	573
103	581	597	578
104	587	603	581
105	590	606	585
106	595	609	591
107	599	611	593
108	603	612	598
109	606	620	603
110	609	616	609
111	609	624	611
112	615	626	612
113	617	628	614
114	620	630	619
115	624	632	622
116	626	637	626
117	627	639	628
118	629	642	630
119	635	644	632
120	636	648	635
121	640	650	639
122	641	654	640
123	645	657	643
124	646	663	644
125	650	667	649
126	654	673	652
127	660	679	655
128	665	681	657
129	670	684	665
130	674	691	669
131	680	706	675
132	688		680
133	693		686
134	702		692
135			698
136			705

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 95. DCP pozo 12



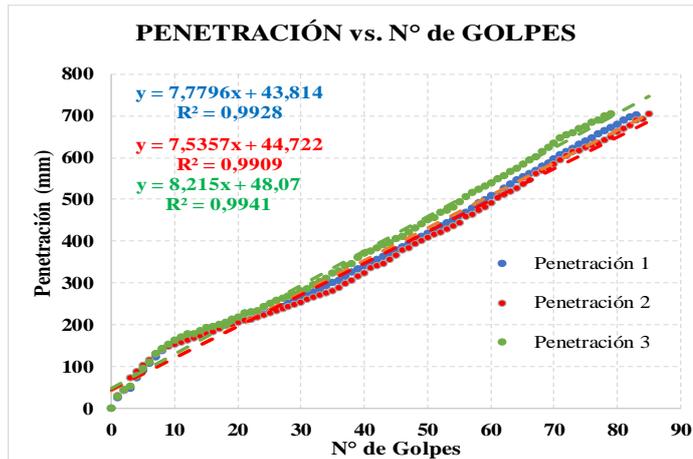
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Pinllo  
 Vía: El Alcance - Quisapincha  
 Profundidad: 65  
 Fecha: 02 - Jul - 2019  
 Muestra: 12

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: ASTM D 6951-03  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 761586 Y: 9863707

**ENSAYO DCP**



DN ( mm/golpe)		DN ( Prom)
1	7,7796	7,84
2	7,5357	
3	8,215	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	25	30	27
2	42	44	45
3	49	73	53
4	73	87	78
5	90	102	96
6	107	116	111
7	124	130	131
8	138	141	143
9	150	147	153
10	158	153	162
11	164	158	170
12	170	164	177
13	175	168	179
14	180	173	185
15	184	178	192
16	188	184	195
17	193	191	200
18	197	197	206
19	202	200	212
20	207	205	218
21	210	210	227
22	214	213	230
23	220	218	234
24	225	224	242
25	231	229	250
26	238	234	257
27	244	239	262
28	250	243	269
29	258	248	274
30	264	253	282

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
31	271	260	287
32	278	266	297
33	285	272	304
34	294	277	312
35	300	281	323
36	307	289	329
37	317	299	341
38	325	306	347
39	334	315	360
40	342	323	370
41	349	335	377
42	356	342	383
43	364	347	392
44	370	357	397
45	379	365	407
46	387	378	412
47	394	384	421
48	403	393	431
49	410	400	441
50	418	408	450
51	427	415	456
52	436	421	468
53	444	428	474
54	452	436	482
55	461	444	494
56	469	458	505
57	479	464	515
58	490	473	524
59	499	481	532
60	508	492	539
61	510	503	549

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
62	527	511	556
63	536	519	565
64	545	527	574
65	554	536	584
66	562	547	593
67	570	560	601
68	579	569	613
69	587	575	624
70	597	584	635
71	606	595	646
72	614	604	653
73	621	613	660
74	631	617	669
75	640	623	675
76	646	629	684
77	656	635	690
78	664	641	699
79	672	650	705
80	680	661	
81	688	669	
82	696	677	
83	701	688	
84		691	
85		704	

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Tabla 96.** Granulometría pozo 1



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Pinllo

Vía: San José - La Democracia

Profundidad: 80

Fecha: 17 - Jun - 2019

Muestra: 1

Proyecto: Tesis de Grado

Normas: AASHTO T 88 2013

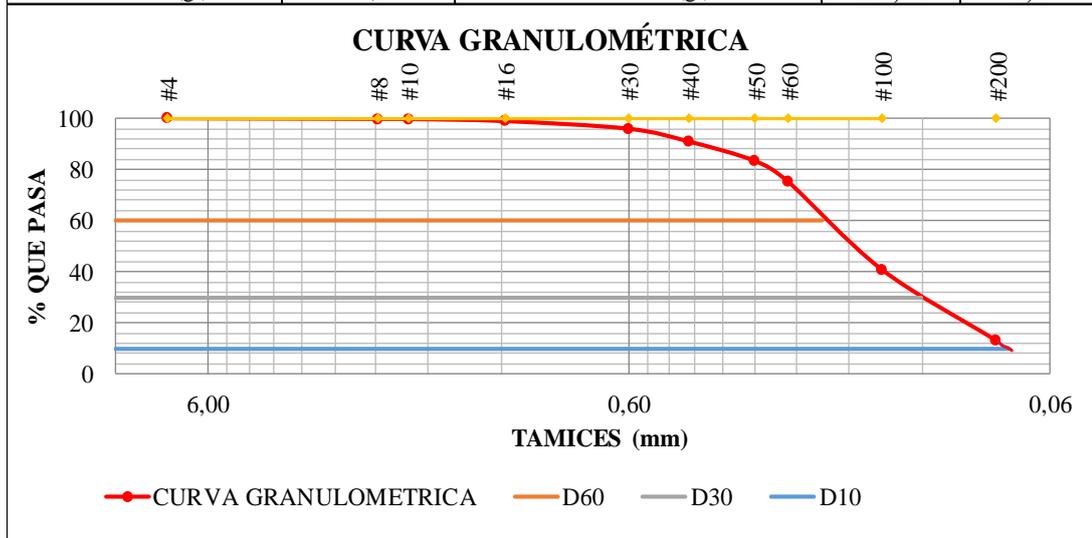
Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig

Revisado Por: Ing. Favio Portilla

Coordenadas: X: 762829 Y: 9864347

**GRANULOMETRÍA**

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	% Retenido
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
#8	2,36	0,70	0,70	0,28	99,72	0,28
#10	2,00	0,10	0,80	0,32	99,68	0,04
#16	1,18	2,00	2,80	1,12	98,88	0,80
#30	0,60	7,50	10,30	4,12	95,88	3,00
#40	0,43	12,60	22,90	9,16	90,84	5,04
#50	0,30	18,90	41,80	16,72	83,28	7,56
#60	0,25	20,40	62,20	24,88	75,12	8,16
#100	0,15	85,70	147,90	59,16	40,84	34,28
#200	0,08	69,90	217,80	87,12	12,88	27,96
PASA #200		31,70	249,50	12,68	87,32	12,68
Peso total (gr):		<b>249,50</b>		Peso Inicial (gr):	<b>250,00</b>	<b>99,80</b>



RESULTADOS					
Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones de partículas		
D10 :	0,075	mm	Grava	0,00	%
D30 :	0,121	mm	Arena	87,12	%
D60 :	0,208	mm	Finos	12,68	%
Cu :	2,77				
Cc :	0,94				

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Tabla 97.** Granulometría pozo 2



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

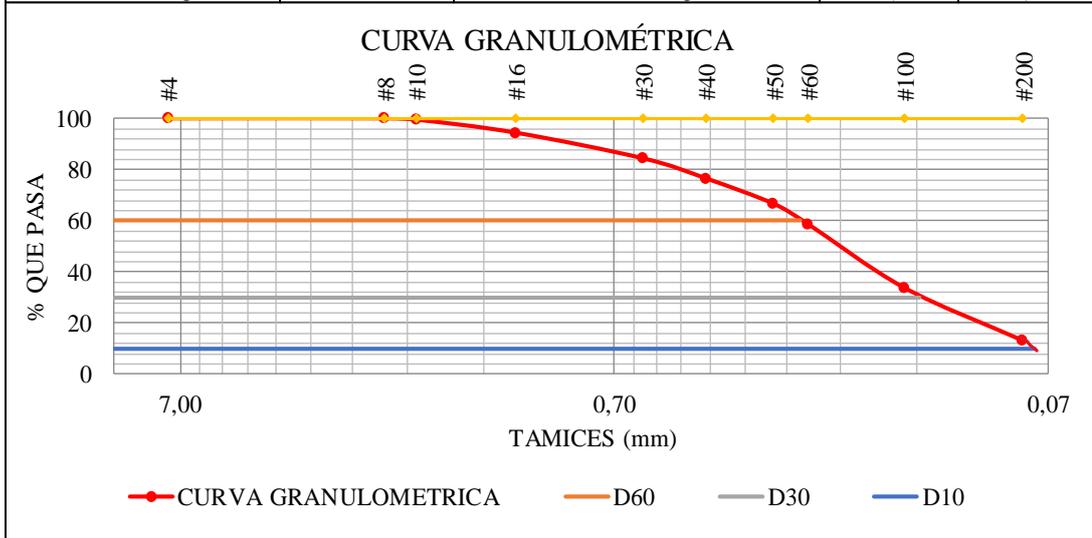


Parroquia: Pinllo  
 Vía: San José - La Democracia  
 Profundidad: 85  
 Fecha: 17 - Jun - 2019  
 Muestra: 2

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 88 2013  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 763024 Y: 9864334

**GRANULOMETRÍA**

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	% Retenido
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
#8	2,36	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
#10	2,00	1,30	1,30	0,52	99,48	0,52
#16	1,18	12,70	14,00	5,60	94,40	5,08
#30	0,60	25,00	39,00	15,60	84,40	10,00
#40	0,43	19,50	58,50	23,40	76,60	7,80
#50	0,30	24,80	83,30	33,32	66,68	9,92
#60	0,25	19,80	103,10	41,24	58,76	7,92
#100	0,15	62,00	165,10	66,04	33,96	24,80
#200	0,08	51,40	216,50	86,60	13,40	20,56
PASA #200		32,50	249,00	99,60	0,40	13,00
Peso total (gr):		<b>249,00</b>		Peso inicial (gr):	<b>250,00</b>	<b>99,60</b>



RESULTADOS					
Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones de partículas		
D10 :	0,075	mm	Grava	0,00	%
D30 :	0,138	mm	Arena	86,60	%
D60 :	0,261	mm	Finos	13,00	%
Cu :	3,48				
Cc :	0,97				

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Tabla 98. Granulometría pozo 3**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

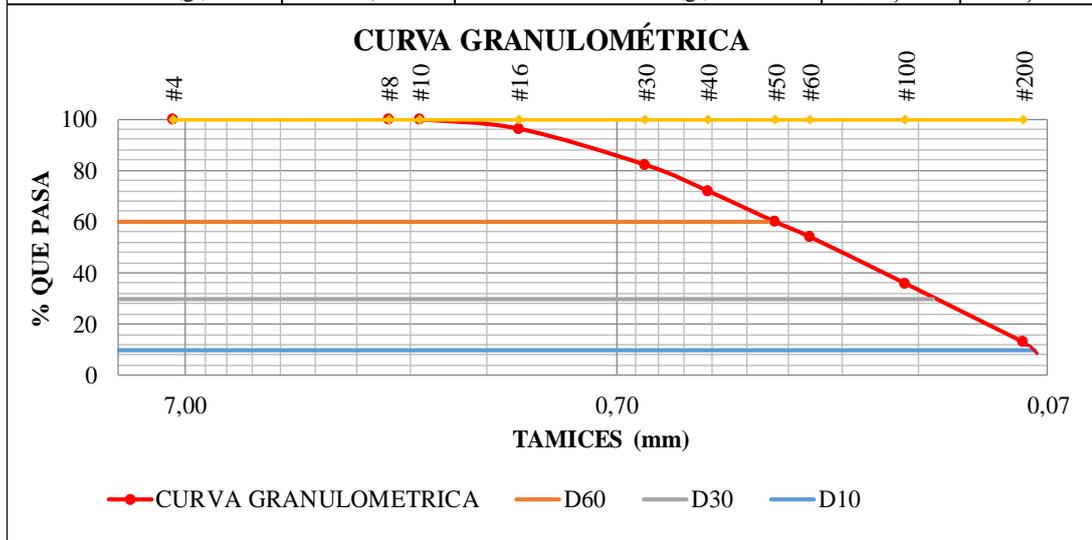


Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: La Dolorosa  
 Profundidad: 75  
 Fecha: 27 - Jun - 2019  
 Muestra: 3

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 88 2013  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 763089 Y: 9867436

**GRANULOMETRÍA**

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	% Retenido
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
#8	2,36	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
#10	2,00	1,10	1,10	0,44	99,56	0,44
#16	1,18	8,90	10,00	4,00	96,00	3,56
#30	0,60	35,20	45,20	18,08	81,92	14,08
#40	0,43	25,40	70,60	28,24	71,76	10,16
#50	0,30	30,20	100,80	40,32	59,68	12,08
#60	0,25	14,30	115,10	46,04	53,96	5,72
#100	0,15	45,50	160,60	64,24	35,76	18,20
#200	0,08	57,00	217,60	87,04	12,96	22,80
PASA #200		32,00	249,60	12,80	87,20	12,80
Peso total (gr):		<b>249,60</b>	Peso Inicial (gr):		<b>250,00</b>	<b>99,84</b>



RESULTADOS					
Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones de partículas		
D10 :	0,075	mm	Grava	0,00	%
D30 :	0,129	mm	Arena	87,04	%
D60 :	0,312	mm	Finos	12,80	%
Cu :	4,16				
Cc :	0,71				

**Autor: Juan Carlos Claudio Llumitasig**

**Tabla 99.** Granulometría pozo 4



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

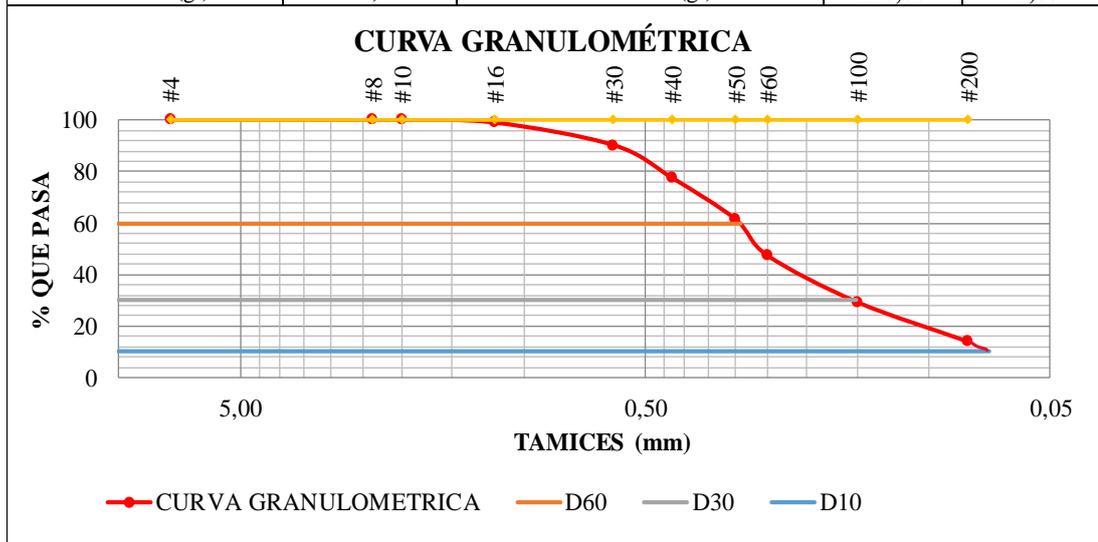


Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: La Dolorosa  
 Profundidad: 70  
 Fecha: 27 - Jun - 2019  
 Muestra: 4

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 88 2013  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 764343 Y: 9868123

**GRANULOMETRÍA**

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	% Retenido
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
#8	2,36	0,10	0,10	0,04	99,96	0,04
#10	2,00	0,10	0,20	0,08	99,92	0,04
#16	1,18	2,60	2,80	1,12	98,88	1,04
#30	0,60	21,90	24,70	9,88	90,12	8,76
#40	0,43	31,80	56,50	22,60	77,40	12,72
#50	0,30	40,10	96,60	38,64	61,36	16,04
#60	0,25	35,20	131,80	52,72	47,28	14,08
#100	0,15	45,20	177,00	70,80	29,20	18,08
#200	0,08	38,20	215,20	86,08	13,92	15,28
PASA #200		34,00	249,20	13,60	86,40	13,60
Peso total (gr):		<b>249,20</b>		Peso Inicial (gr):	<b>250,00</b>	<b>99,68</b>



**RESULTADOS**

Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones de partículas		
D10 :	0,071	mm	Grava	0,00	%
D30 :	0,151	mm	Arena	86,08	%
D60 :	0,291	mm	Finos	13,60	%
Cu :	4,10				
Cc :	1,10				

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 100. Granulometría pozo 5



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

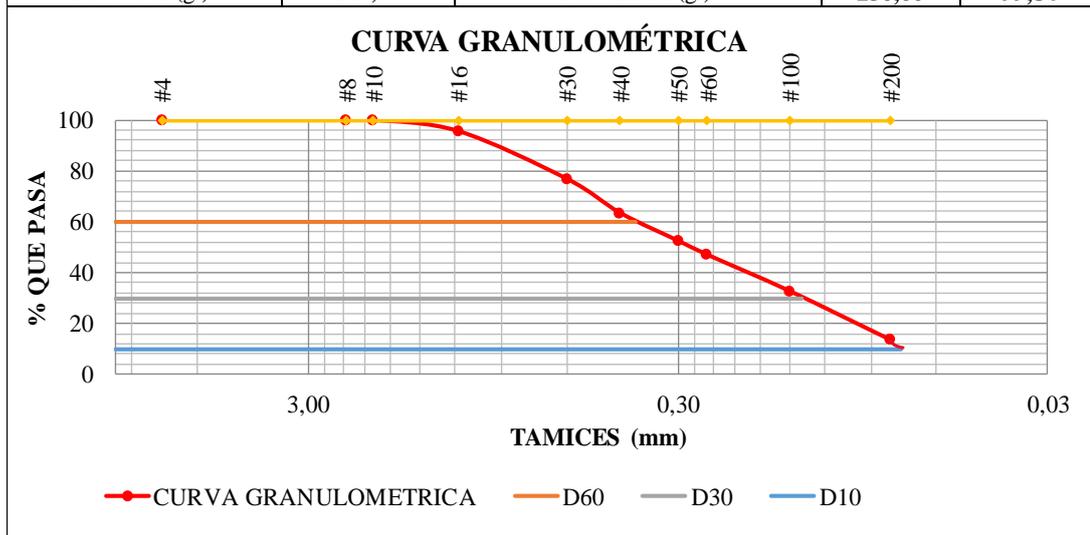


Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: Angahuana - San Juan  
 Profundidad: 65  
 Fecha: 27 - Jun - 2019  
 Muestra: 5

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 88 2013  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 762987 Y: 9869630

**GRANULOMETRÍA**

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	% Retenido
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
#8	2,36	0,10	0,10	0,04	99,96	0,04
#10	2,00	0,10	0,20	0,08	99,92	0,04
#16	1,18	11,00	11,20	4,48	95,52	4,40
#30	0,60	46,90	58,10	23,24	76,76	18,76
#40	0,43	33,60	91,70	36,68	63,32	13,44
#50	0,30	27,20	118,90	47,56	52,44	10,88
#60	0,25	13,80	132,70	53,08	46,92	5,52
#100	0,15	35,50	168,20	67,28	32,72	14,20
#200	0,08	48,00	216,20	86,48	13,52	19,20
PASA #200		33,40	249,60	13,36	86,64	13,36
Peso total (gr):		<b>249,60</b>	Peso Inicial (gr):		<b>250,00</b>	<b>99,84</b>



RESULTADOS					
Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones de partículas		
D10 :	0,075	mm	Grava	0,00	%
D30 :	0,139	mm	Arena	86,48	%
D60 :	0,391	mm	Finos	13,36	%
Cu :	5,21				
Cc :	0,66				

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 101. Granulometría pozo 6



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

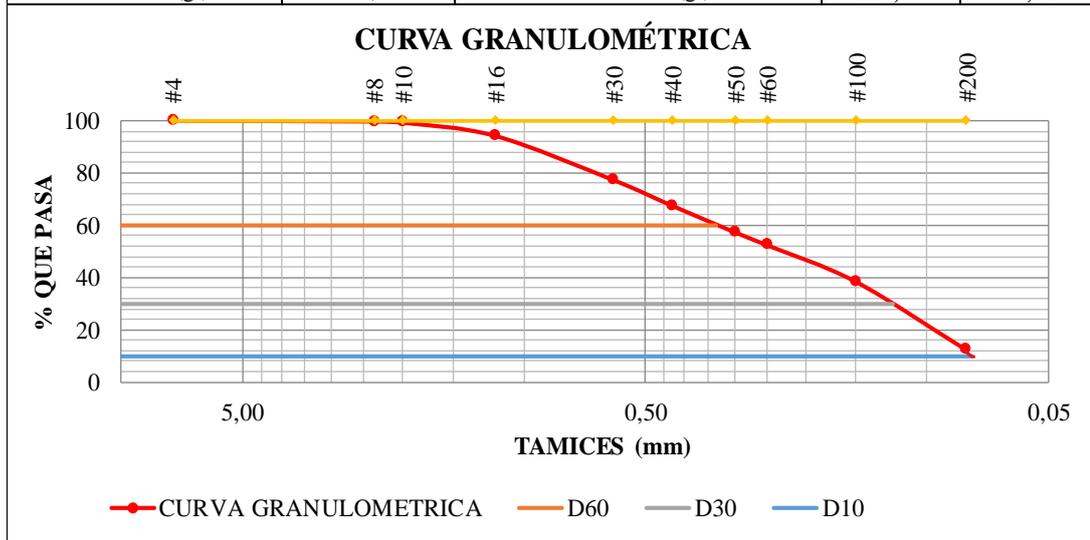


Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: Angahuana - San Juan  
 Profundidad: 80  
 Fecha: 27 - Jun - 2019  
 Muestra: 6

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 88 2013  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 761385 Y: 9867867

**GRANULOMETRÍA**

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	% Retenido
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
#8	2,36	0,80	0,80	0,32	99,68	0,32
#10	2,00	1,20	2,00	0,80	99,20	0,48
#16	1,18	12,60	14,60	5,84	94,16	5,04
#30	0,60	42,40	57,00	22,80	77,20	16,96
#40	0,43	24,40	81,40	32,56	67,44	9,76
#50	0,30	25,50	106,90	42,76	57,24	10,20
#60	0,25	12,30	119,20	47,68	52,32	4,92
#100	0,15	35,20	154,40	61,76	38,24	14,08
#200	0,08	65,00	219,40	87,76	12,24	26,00
PASA #200		30,50	249,90	12,20	87,80	12,20
Peso total (gr):		<b>249,90</b>	Peso Inicial (gr):		<b>250,00</b>	<b>99,96</b>



RESULTADOS					
Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones de partículas		
D10 :	0,077	mm	Grava	0,00	%
D30 :	0,121	mm	Arena	87,76	%
D60 :	0,333	mm	Finos	12,20	%
Cu :	4,32				
Cc :	0,57				

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 102. Granulometría pozo 7



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

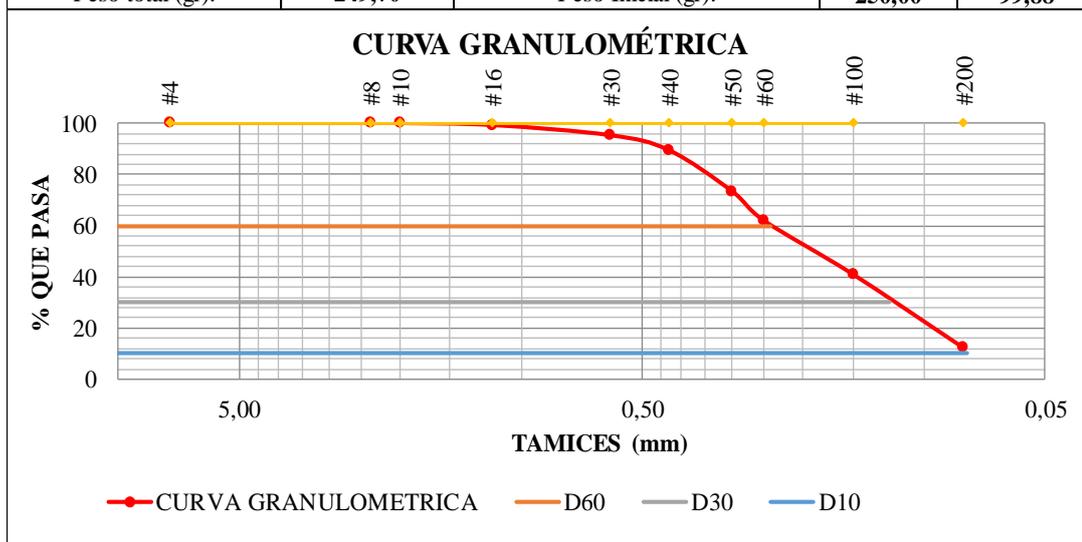


Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: San José - La Libertad  
 Profundidad: 75  
 Fecha: 28 - Jun - 2019  
 Muestra: 7

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 88 2013  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 762414 Y: 9866895

**GRANULOMETRÍA**

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	% Retenido
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
#8	2,36	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
#10	2,00	0,10	0,10	0,04	99,96	0,04
#16	1,18	1,90	2,00	0,80	99,20	0,76
#30	0,60	10,00	12,00	4,80	95,20	4,00
#40	0,43	14,60	26,60	10,64	89,36	5,84
#50	0,30	40,00	66,60	26,64	73,36	16,00
#60	0,25	28,70	95,30	38,12	61,88	11,48
#100	0,15	52,70	148,00	59,20	40,80	21,08
#200	0,08	71,50	219,50	87,80	12,20	28,60
PASA #200		30,20	249,70	12,08	87,92	12,08
Peso total (gr):		<b>249,70</b>		Peso Inicial (gr):	<b>250,00</b>	<b>99,88</b>



RESULTADOS					
Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones de partículas		
D10 :	0,078	mm	Grava	0,00	%
D30 :	0,122	mm	Arena	87,80	%
D60 :	0,241	mm	Finos	12,08	%
Cu :	3,09				
Cc :	0,79				

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 103. Granulometría pozo 8



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

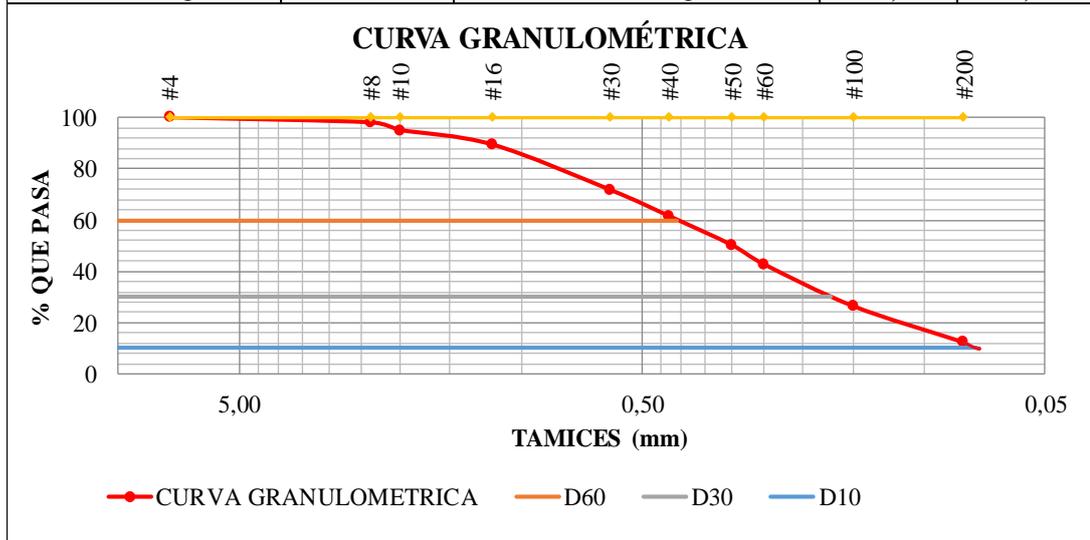


Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: San José - La Libertad  
 Profundidad: 75  
 Fecha: 28 - Jun - 2019  
 Muestra: 8

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 88 2013  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 762505 Y: 9866207

**GRANULOMETRÍA**

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	% Retenido
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
#8	2,36	5,00	5,00	2,00	98,00	2,00
#10	2,00	7,40	12,40	4,96	95,04	2,96
#16	1,18	14,20	26,60	10,64	89,36	5,68
#30	0,60	44,40	71,00	28,40	71,60	17,76
#40	0,43	25,30	96,30	38,52	61,48	10,12
#50	0,30	28,35	124,65	49,86	50,14	11,34
#60	0,25	18,60	143,25	57,30	42,70	7,44
#100	0,15	40,90	184,15	73,66	26,34	16,36
#200	0,08	35,20	219,35	87,74	12,26	14,08
PASA #200		30,40	249,75	12,16	87,84	12,16
Peso total (gr):		<b>249,75</b>	Peso Inicial (gr):		<b>250,00</b>	<b>99,90</b>



RESULTADOS					
Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones de partículas		
D10 :	0,074	mm	Grava	0,00	%
D30 :	0,171	mm	Arena	87,74	%
D60 :	0,412	mm	Finos	12,16	%
Cu :	5,57				
Cc :	0,96				

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 104. Granulometría pozo 9



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Pinllo

Vía: La Heroína - Santa Marianita

Profundidad: 70

Fecha: 28 - Jun - 2019

Muestra: 9

Proyecto: Tesis de Grado

Normas: AASHTO T 88 2013

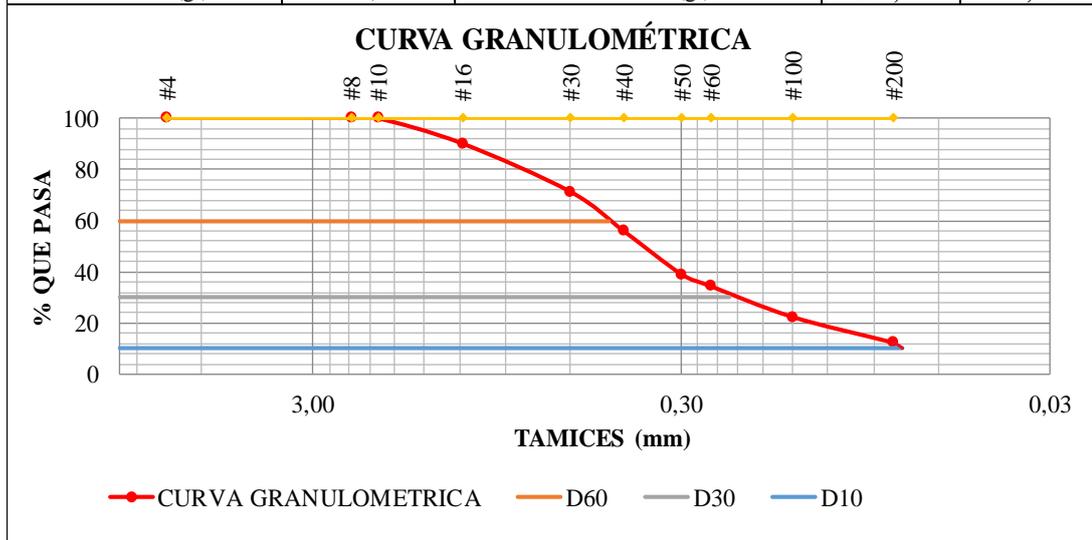
Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig

Revisado Por: Ing. Favio Portilla

Coordenadas: X: 762543 Y: 9865052

**GRANULOMETRÍA**

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	% Retenido
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
#8	2,36	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
#10	2,00	0,10	0,10	0,04	99,96	0,04
#16	1,18	24,60	24,70	9,88	90,12	9,84
#30	0,60	47,20	71,90	28,76	71,24	18,88
#40	0,43	38,40	110,30	44,12	55,88	15,36
#50	0,30	42,20	152,50	61,00	39,00	16,88
#60	0,25	11,70	164,20	65,68	34,32	4,68
#100	0,15	30,10	194,30	77,72	22,28	12,04
#200	0,08	25,10	219,40	87,76	12,24	10,04
PASA #200		30,20	249,60	12,08	87,92	12,08
Peso total (gr):		<b>249,60</b>	Peso Inicial (gr):		<b>250,00</b>	<b>99,84</b>



RESULTADOS					
Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones de partículas		
D10 :	0,075	mm	Grava	0,00	%
D30 :	0,222	mm	Arena	87,76	%
D60 :	0,471	mm	Finos	12,08	%
Cu :	6,28				
Cc :	1,40				

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Tabla 105.** Granulometría pozo 10



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Pinllo

Vía: La Heroína - Santa Marianita

Profundidad: 85

Fecha: 28 - Jun - 2019

Muestra: 10

Proyecto: Tesis de Grado

Normas: AASHTO T 88 2013

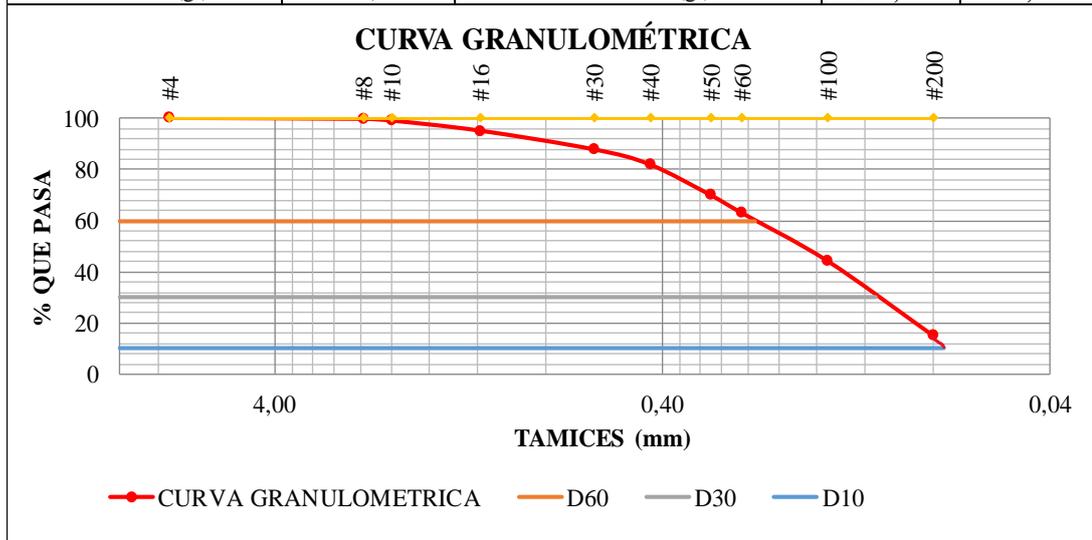
Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig

Revisado Por: Ing. Favio Portilla

Coordenadas: X: 763207 Y: 9864577

**GRANULOMETRÍA**

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	% Retenido
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
#8	2,36	0,90	0,90	0,36	99,64	0,36
#10	2,00	1,60	2,50	1,00	99,00	0,64
#16	1,18	9,90	12,40	4,96	95,04	3,96
#30	0,60	18,30	30,70	12,28	87,72	7,32
#40	0,43	14,80	45,50	18,20	81,80	5,92
#50	0,30	29,90	75,40	30,16	69,84	11,96
#60	0,25	17,20	92,60	37,04	62,96	6,88
#100	0,15	47,10	139,70	55,88	44,12	18,84
#200	0,08	73,10	212,80	85,12	14,88	29,24
PASA #200		36,90	249,70	14,76	85,24	14,76
Peso total (gr):		<b>249,70</b>	Peso Inicial (gr):		<b>250,00</b>	<b>99,88</b>



RESULTADOS					
Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones de partículas		
D10 :	0,075	mm	Grava	0,00	%
D30 :	0,112	mm	Arena	85,12	%
D60 :	0,231	mm	Finos	14,76	%
Cu :	3,08				
Cc :	0,72				

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Tabla 106.** Granulometría pozo 11



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

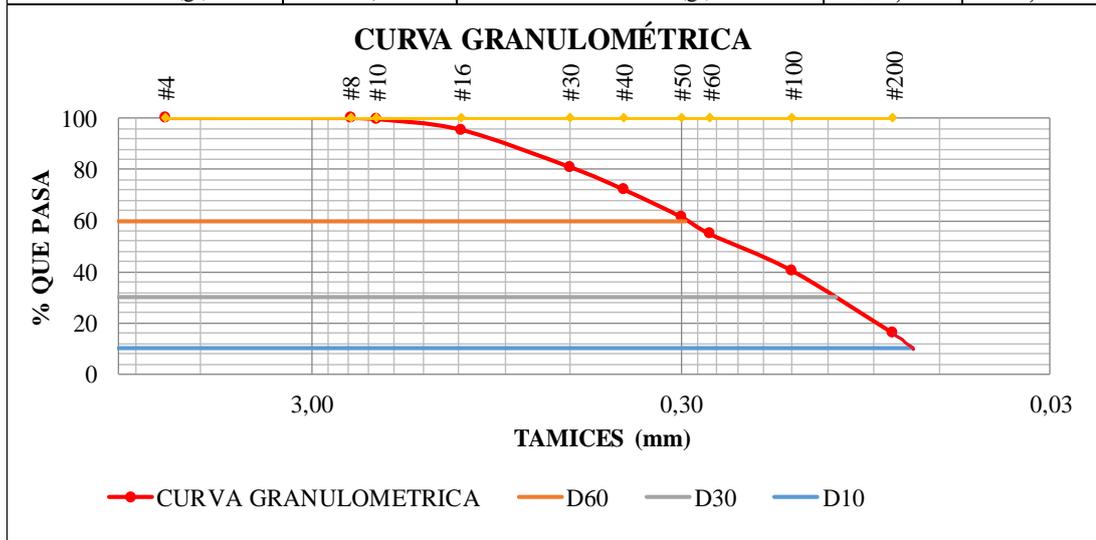


Parroquia: Pinllo  
 Vía: El Alcance - Quisapincha  
 Profundidad: 80  
 Fecha: 28 - Jun - 2019  
 Muestra: 11

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 88 2013  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 761720 Y: 9863393

**GRANULOMETRÍA**

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	% Retenido
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
#8	2,36	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
#10	2,00	1,00	1,00	0,40	99,60	0,40
#16	1,18	10,40	11,40	4,56	95,44	4,16
#30	0,60	36,10	47,50	19,00	81,00	14,44
#40	0,43	21,70	69,20	27,68	72,32	8,68
#50	0,30	26,70	95,90	38,36	61,64	10,68
#60	0,25	16,90	112,80	45,12	54,88	6,76
#100	0,15	35,60	148,40	59,36	40,64	14,24
#200	0,08	60,60	209,00	83,60	16,40	24,24
PASA #200		40,50	249,50	16,20	83,80	16,20
Peso total (gr):		<b>249,50</b>	Peso Inicial (gr):		<b>250,00</b>	<b>99,80</b>



RESULTADOS					
Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones de partículas		
D10 :	0,071	mm	Grava	0,00	%
D30 :	0,114	mm	Arena	83,60	%
D60 :	0,292	mm	Finos	16,20	%
Cu :	4,11				
Cc :	0,63				

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Tabla 107.** Granulometría pozo 12



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

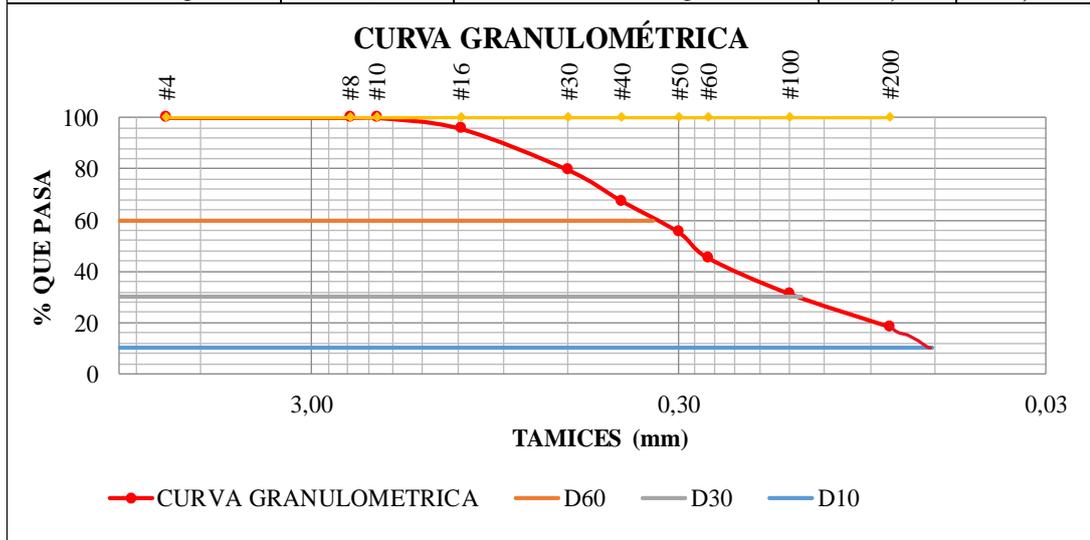


Parroquia: Pinllo  
 Vía: El Alcance - Quisapincha  
 Profundidad: 65  
 Fecha: 02 - Jul - 2019  
 Muestra: 12

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 88 2013  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 761586 Y: 9863707

**GRANULOMETRÍA**

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	% Retenido
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
#8	2,36	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
#10	2,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
#16	1,18	10,60	10,60	4,24	95,76	4,24
#30	0,60	40,40	51,00	20,40	79,60	16,16
#40	0,43	30,10	81,10	32,44	67,56	12,04
#50	0,30	30,70	111,80	44,72	55,28	12,28
#60	0,25	25,00	136,80	54,72	45,28	10,00
#100	0,15	35,10	171,90	68,76	31,24	14,04
#200	0,08	32,40	204,30	81,72	18,28	12,96
PASA #200		45,50	249,80	18,20	81,80	18,20
Peso total (gr):		<b>249,80</b>	Peso Inicial (gr):		<b>250,00</b>	<b>99,92</b>



RESULTADOS					
Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones de partículas		
D10 :	0,061	mm	Grava	0,00	%
D30 :	0,139	mm	Arena	81,72	%
D60 :	0,351	mm	Finos	18,20	%
Cu :	5,75				
Cc :	0,90				

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Tabla 108. Límites de Atterberg pozo 1**



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

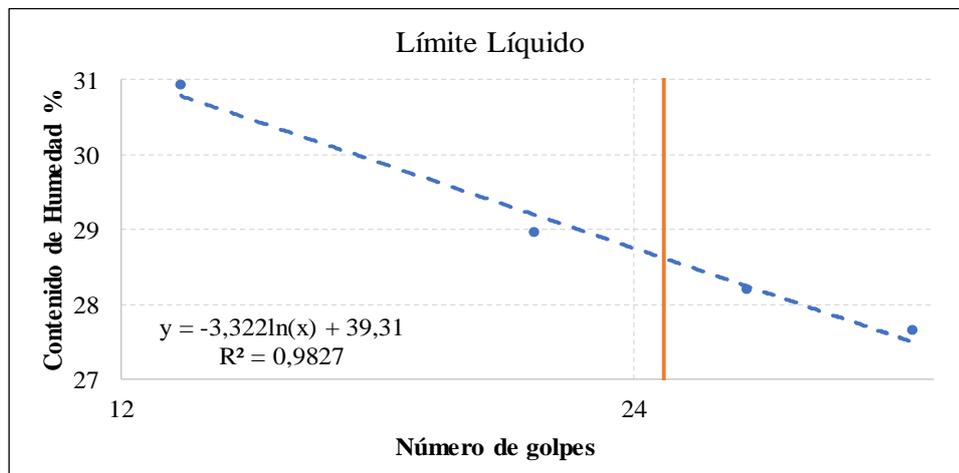


Parroquia: Pinllo  
 Vía: San José - La Democracia  
 Profundidad: 80  
 Fecha: 17 - Jun - 2019  
 Muestra: 1

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 89 2013  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 762829 Y: 9864347

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
6	13	22,50	19,70	10,80	2,80	8,90	31,46	30,93
8		24,70	21,60	11,40	3,10	10,20	30,39	
36	21	28,90	24,90	11,20	4,00	13,70	29,20	28,95
62		25,80	22,50	11,00	3,30	11,50	28,70	
11	28	24,60	21,70	11,40	2,90	10,30	28,16	28,20
15		22,30	19,90	11,40	2,40	8,50	28,24	
18	35	25,90	22,70	11,50	3,20	11,20	28,57	27,65
28		24,00	21,30	11,20	2,70	10,10	26,73	
Límite Plástico								
10		11,90	11,70	10,70	0,20	1,00	20,00	23,34
5		12,20	11,90	10,70	0,30	1,20	25,00	
12		11,60	11,40	10,50	0,20	0,90	22,22	
1AL		12,10	11,80	10,70	0,30	1,10	27,27	
18		11,80	11,60	10,70	0,20	0,90	22,22	



Resultados			Clasificación del suelo	
Límites de Atterberg				
Límite Líquido	28,62	%	SUCS	SM, SC
Límite Plástico	23,34	%		
Índice de Plasticidad	5,27	%	AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de Liquidez	-1,27			

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Tabla 109. Límites de Atterberg pozo 2**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

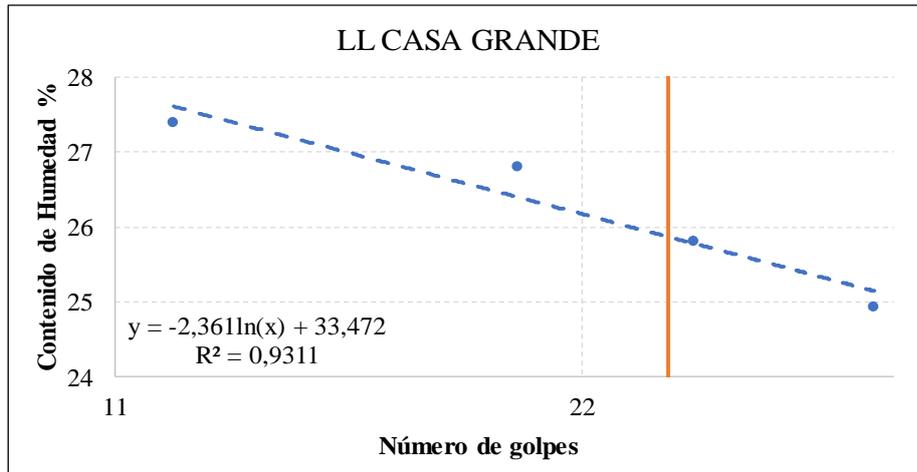


Parroquia: Pinllo  
 Vía: San José - La Democracia  
 Profundidad: 85  
 Fecha: 17 - Jun - 2019  
 Muestra: 2

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 89 2013  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 763024 Y: 9864334

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
26	12	25,40	22,30	11,20	3,10	11,10	27,93	27,40
72		29,10	25,50	12,10	3,60	13,40	26,87	
14	20	24,00	21,20	11,10	2,80	10,10	27,72	26,79
3		26,00	23,00	11,40	3,00	11,60	25,86	
7	26	25,40	22,60	11,40	2,80	11,20	25,00	25,80
41		24,80	21,90	11,00	2,90	10,90	26,61	
10	34	28,20	25,00	11,70	3,20	13,30	24,06	24,93
76		27,00	23,80	11,40	3,20	12,40	25,81	
Límite Plástico								
5		11,60	11,40	10,60	0,20	0,80	25,00	21,94
3		11,50	11,40	10,60	0,10	0,80	12,50	
74		11,80	11,60	10,70	0,20	0,90	22,22	
2		11,00	10,90	10,50	0,10	0,40	25,00	
12		11,60	11,40	10,60	0,20	0,80	25,00	



Resultados				
Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite Líquido	25,87	%	SUCS	SM
Límite Plástico	21,94	%		
Índice de Plasticidad	3,93	%	AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de Liquidez	-1,59			

**Autor: Juan Carlos Claudio Llumitasig**

**Tabla 110. Límites de Atterberg pozo 3**



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

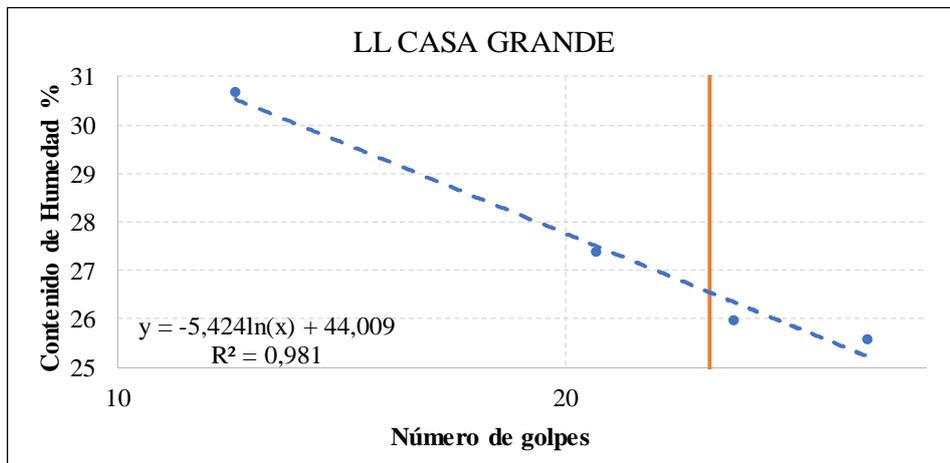


Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: La Dolorosa  
 Profundidad: 75  
 Fecha: 27 - Jun - 2019  
 Muestra: 3

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 89 2013  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 763089 Y: 9867436

**LÍMITES DE ATTERBERG**

<b>Límite Líquido</b>									
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%	
36	12	15,90	14,80	11,20	1,10	3,60	30,56	30,66	
39v		16,70	15,50	11,60	1,20	3,90	30,77		
10	21	18,50	17,00	11,60	1,50	5,40	27,78	27,38	
10A		18,90	17,20	10,90	1,70	6,30	26,98		
65	26	19,80	18,00	10,80	1,80	7,20	25,00	25,96	
72		22,00	19,90	12,10	2,10	7,80	26,92		
18	32	19,70	18,00	11,50	1,70	6,50	26,15	25,58	
23v		18,60	17,10	11,10	1,50	6,00	25,00		
<b>Límite Plástico</b>									
65		7,50	7,20	6,10	0,30	1,10	27,27	24,25	
3		8,80	8,50	7,40	0,30	1,10	27,27		
46		8,50	8,30	7,40	0,20	0,90	22,22		
7		7,60	7,30	6,00	0,30	1,30	23,08		
15		9,10	8,80	7,40	0,30	1,40	21,43		



<b>Resultados</b>					
Límites de Atterberg			Clasificación del suelo		
Límite Líquido	26,55	%	SUCS	SM	
Límite Plástico	24,25	%			
Índice de Plasticidad	2,30	%	AASHTO	A-2-4 (0)	
Índice de Liquidez	-1,25				

**Autor: Juan Carlos Claudio Llumitasig**

**Tabla 111. Límites de Atterberg pozo 4**



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

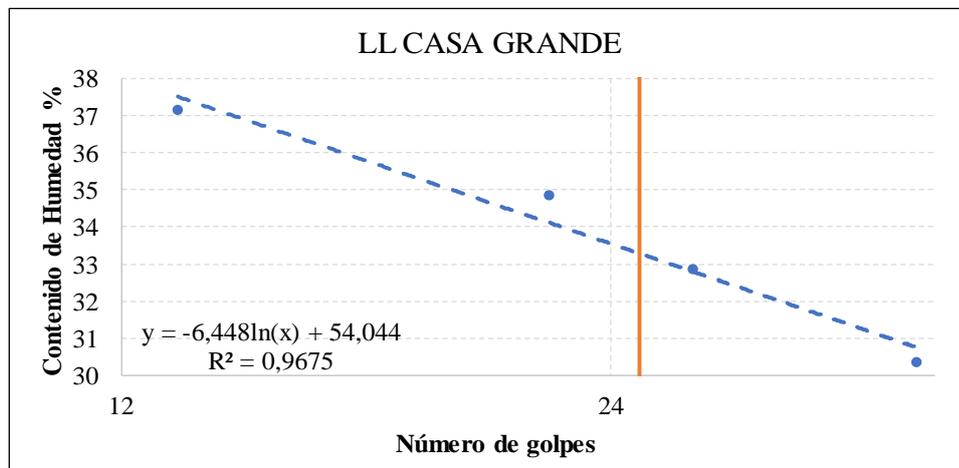


Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: La Dolorosa  
 Profundidad: 70  
 Fecha: 27 - Jun - 2019  
 Muestra: 4

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 89 2013  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 764343 Y: 9868123

**LÍMITES DE ATTERBERG**

<b>Límite Líquido</b>									
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%	
4	13	20,90	18,20	11,00	2,70	7,20	37,50	37,13	
73		20,50	18,00	11,20	2,50	6,80	36,76		
2	22	24,10	20,70	10,90	3,40	9,80	34,69	34,82	
8		25,30	21,70	11,40	3,60	10,30	34,95		
28	27	20,90	18,50	11,20	2,40	7,30	32,88	32,86	
37		20,10	17,90	11,20	2,20	6,70	32,84		
15	37	20,70	18,50	11,40	2,20	7,10	30,99	30,36	
17		20,90	18,70	11,30	2,20	7,40	29,73		
<b>Límite Plástico</b>									
33		7,60	7,30	6,10	0,30	1,20	25,00	31,55	
R1		7,10	6,80	5,90	0,30	0,90	33,33		
35		7,20	6,90	6,10	0,30	0,80	37,50		
45		15,90	15,70	15,00	0,20	0,70	28,57		
62		7,10	6,80	5,90	0,30	0,90	33,33		



<b>Resultados</b>				
Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite Líquido	33,29	%	SUCS	SM
Límite Plástico	31,55	%		
Índice de Plasticidad	1,74	%	AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de Liquidez	-5,74			

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 112. Límites de Atterberg pozo 5



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

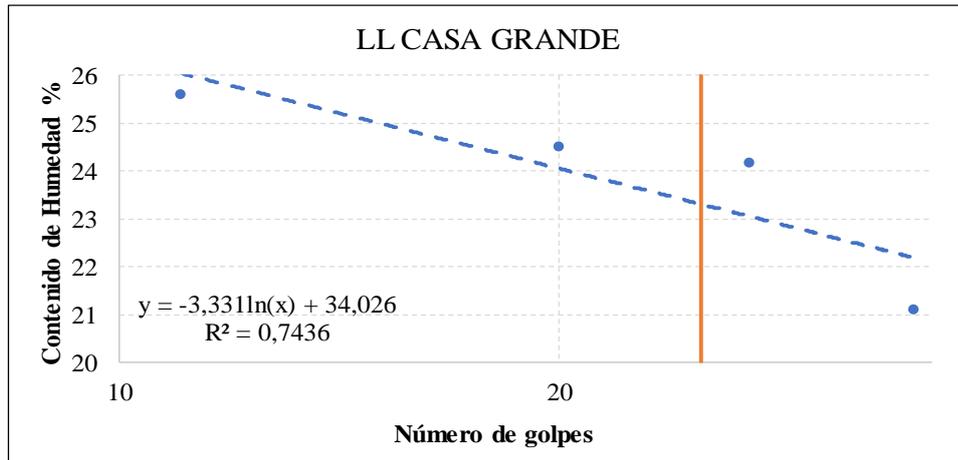


Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: Angahuana - San Juan  
 Profundidad: 65  
 Fecha: 27 - Jun - 2019  
 Muestra: 5

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 89 2013  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 762987 Y: 9869630

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
38	11	24,30	21,80	11,90	2,50	9,90	25,25	25,57
32		25,30	22,40	11,20	2,90	11,20	25,89	
16	20	23,50	21,10	11,10	2,40	10,00	24,00	24,50
31		24,70	22,30	12,70	2,40	9,60	25,00	
11	27	22,20	20,10	11,40	2,10	8,70	24,14	24,16
77		22,60	20,40	11,30	2,20	9,10	24,18	
79	35	24,80	22,40	11,20	2,40	11,20	21,43	21,09
60		23,60	21,40	10,80	2,20	10,60	20,75	
Límite Plástico								
1		12,20	11,90	10,60	0,30	1,30	23,08	22,70
7E		11,70	11,50	10,70	0,20	0,80	25,00	
63		7,20	7,00	6,10	0,20	0,90	22,22	
19		11,70	11,50	10,70	0,20	0,80	25,00	
36		7,30	7,10	6,00	0,20	1,10	18,18	



Resultados				
Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite Líquido	23,31	%	SUCS	SM
Límite Plástico	22,70	%		
Índice de Plasticidad	0,61	%	AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de Liquidez	1,38			

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 113. Límites de Atterberg pozo 6



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

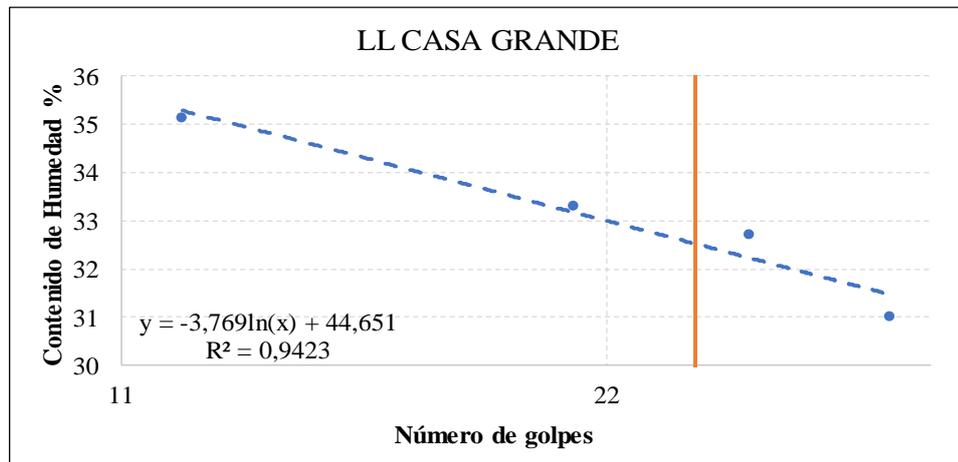


Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: Angahuana - San Juan  
 Profundidad: 80  
 Fecha: 27 - Jun - 2019  
 Muestra: 6

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 89 2013  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 761385 Y: 9867867

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
13	12	18,60	16,70	11,20	1,90	5,50	34,55	35,13
42		21,40	18,90	11,90	2,50	7,00	35,71	
27	21	26,10	22,20	10,60	3,90	11,60	33,62	33,31
9		24,50	21,20	11,20	3,30	10,00	33,00	
78	27	22,10	19,50	11,50	2,60	8,00	32,50	32,72
68		22,20	19,40	10,90	2,80	8,50	32,94	
40	33	18,80	17,00	11,10	1,80	5,90	30,51	31,01
3		21,10	18,80	11,50	2,30	7,30	31,51	
Límite Plástico								
7		7,10	6,80	6,00	0,30	0,80	37,50	28,88
15		8,60	8,40	7,40	0,20	1,00	20,00	
71		7,40	7,10	6,20	0,30	0,90	33,33	
61		7,00	6,80	6,10	0,20	0,70	28,57	
19		7,00	6,80	6,00	0,20	0,80	25,00	



Resultados				
Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite Líquido	32,52	%	SUCS	SM
Límite Plástico	28,88	%		
Índice de Plasticidad	3,64	%	AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de Liquidez	-1,79			

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 114. Límites de Atterberg pozo 7



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

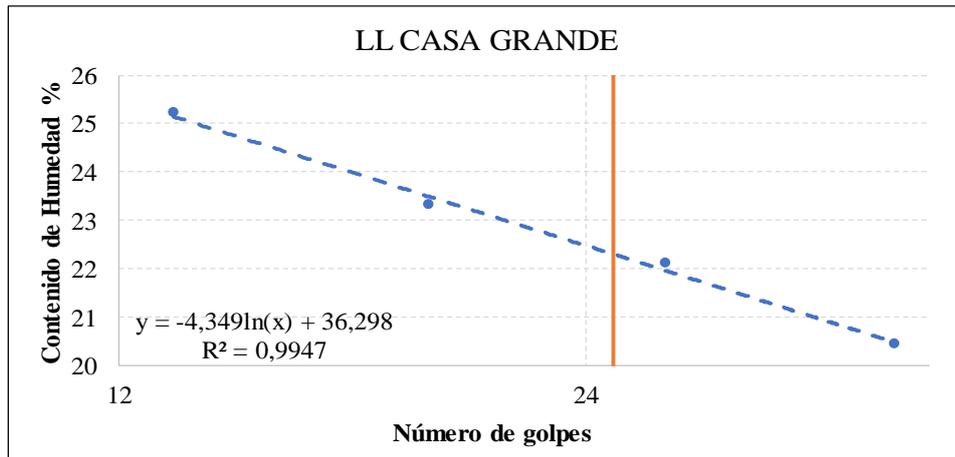


Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: San José - La Libertad  
 Profundidad: 75  
 Fecha: 28 - Jun - 2019  
 Muestra: 7

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 89 2013  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 762414 Y: 9866895

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
65	13	25,10	22,20	10,80	2,90	11,40	25,44	25,22
7		26,00	23,10	11,50	2,90	11,60	25,00	
36	19	22,40	20,30	11,20	2,10	9,10	23,08	23,30
19v		24,00	21,60	11,40	2,40	10,20	23,53	
6	27	25,10	22,50	10,80	2,60	11,70	22,22	22,11
72		24,30	22,10	12,10	2,20	10,00	22,00	
10A	38	22,80	20,80	10,90	2,00	9,90	20,20	20,45
23v		21,60	19,80	11,10	1,80	8,70	20,69	
Límite Plástico								
1		12,50	12,30	10,70	0,20	1,60	12,50	19,55
17		12,10	11,90	10,90	0,20	1,00	20,00	
11		11,50	11,30	10,60	0,20	0,70	28,57	
10		8,20	8,10	7,50	0,10	0,60	16,67	
71		7,30	7,10	6,10	0,20	1,00	20,00	



Resultados				
Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite Líquido	22,30	%	SUCS	SM
Límite Plástico	19,55	%		
Índice de Plasticidad	2,75	%	AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de Liquidez	1,21			

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 115. Límites de Atterberg pozo 8



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

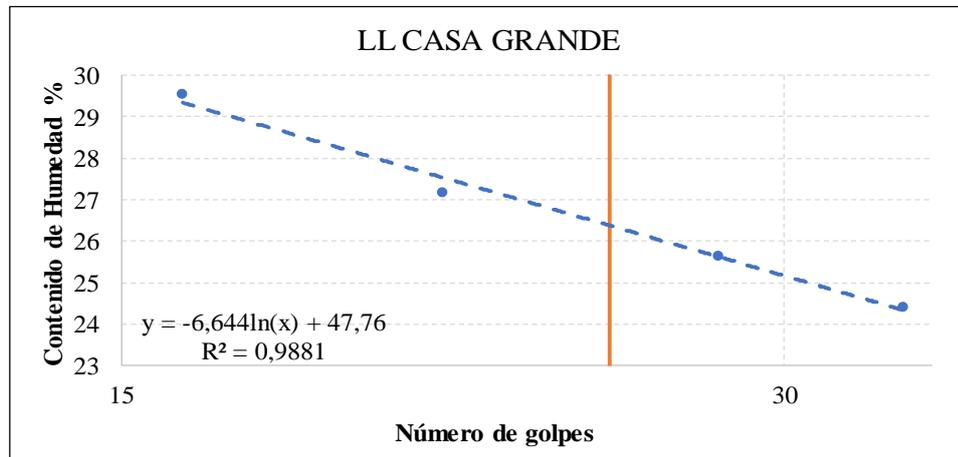


Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: San José - La Libertad  
 Profundidad: 75  
 Fecha: 28 - Jun - 2019  
 Muestra: 8

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 89 2013  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 762505 Y: 9866207

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
26	16	24,00	21,10	11,20	2,90	9,90	29,29	29,55
39v		25,10	22,00	11,60	3,10	10,40	29,81	
63	21	21,90	19,60	11,00	2,30	8,60	26,74	27,19
67		20,90	18,80	11,20	2,10	7,60	27,63	
10	28	21,10	19,10	11,50	2,00	7,60	26,32	25,66
41		20,90	18,90	10,90	2,00	8,00	25,00	
43	34	22,10	19,90	11,00	2,20	8,90	24,72	24,43
18		22,20	20,10	11,40	2,10	8,70	24,14	
Límite Plástico								
63		6,70	6,60	5,90	0,10	0,70	14,29	22,38
19		6,60	6,50	5,90	0,10	0,60	16,67	
57		6,80	6,60	6,00	0,20	0,60	33,33	
36		6,70	6,60	5,90	0,10	0,70	14,29	
61		6,90	6,70	6,10	0,20	0,60	33,33	



Resultados				
Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite Líquido	26,37	%	SUCS	SM
Límite Plástico	22,38	%		
Índice de Plasticidad	3,99	%	AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de Liquidez	-1,69			

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 116. Límites de Atterberg pozo 9



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

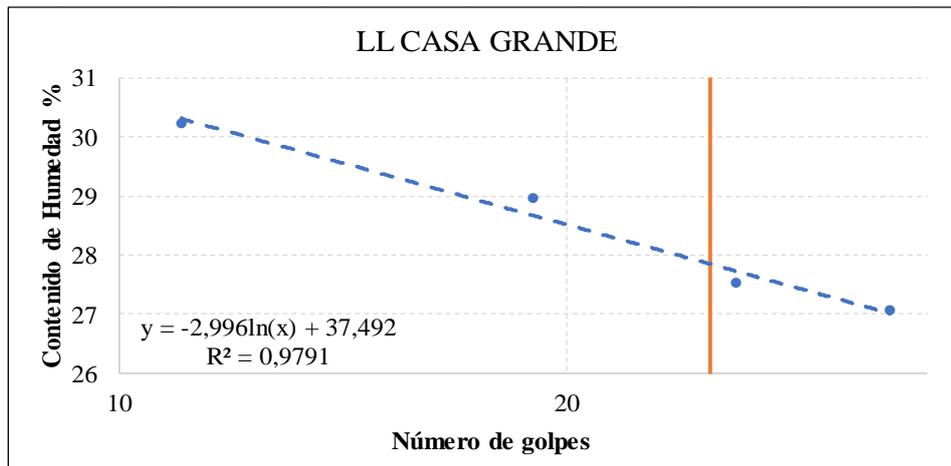


Parroquia: Pinllo  
 Vía: La Heroína - Santa Marianita  
 Profundidad: 70  
 Fecha: 28 - Jun - 2019  
 Muestra: 9

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 89 2013  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 762543 Y: 9865052

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
18	11	40,00	33,40	11,50	6,60	21,90	30,14	30,22
10A		41,00	34,00	10,90	7,00	23,10	30,30	
7	19	38,80	32,80	11,40	6,00	21,40	28,04	28,94
26		36,00	30,30	11,20	5,70	19,10	29,84	
41	26	33,00	28,20	11,00	4,80	17,20	27,91	27,51
43		33,40	28,60	10,90	4,80	17,70	27,12	
19v	33	41,50	35,10	11,40	6,40	23,70	27,00	27,05
72		39,30	33,50	12,10	5,80	21,40	27,10	
Límite Plástico								
44		7,70	7,40	6,20	0,30	1,20	25,00	25,18
R2		6,90	6,70	6,00	0,20	0,70	28,57	
43		7,00	6,70	5,90	0,30	0,80	37,50	
A1		7,60	7,40	6,20	0,20	1,20	16,67	
83		7,40	7,20	6,10	0,20	1,10	18,18	



Resultados				
Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite Líquido	27,85	%	SUCS	SM
Límite Plástico	25,18	%		
Índice de Plasticidad	2,66	%	AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de Liquidez	-1,59			

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 117. Límites de Atterberg pozo 10



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

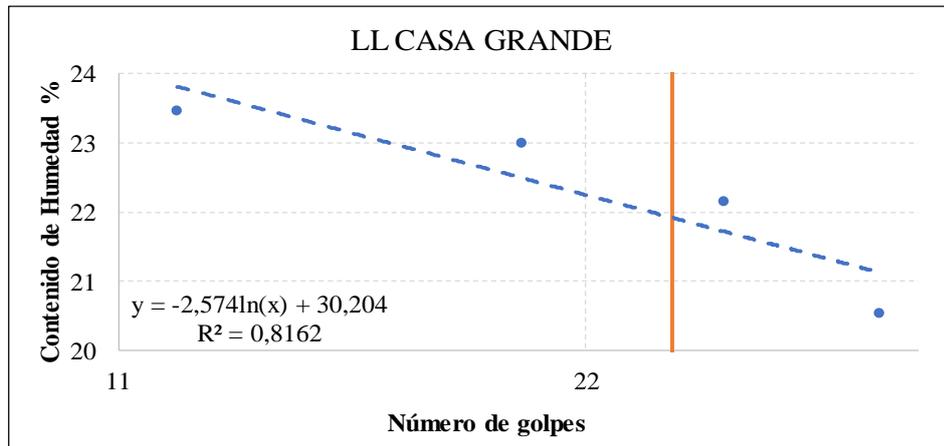


Parroquia: Pinllo  
 Vía: La Heroína - Santa Marianita  
 Profundidad: 85  
 Fecha: 28 - Jun - 2019  
 Muestra: 10

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 89 2013  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 763207 Y: 9864577

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
67	12	30,10	26,50	11,30	3,60	15,20	23,68	23,46
41		30,10	26,50	11,00	3,60	15,50	23,23	
43	20	28,60	25,30	10,90	3,30	14,40	22,92	23,00
7		30,60	27,00	11,40	3,60	15,60	23,08	
26	27	21,20	19,40	11,20	1,80	8,20	21,95	22,15
19v		21,80	19,90	11,40	1,90	8,50	22,35	
6	34	20,30	18,70	10,80	1,60	7,90	20,25	20,54
63		19,80	18,30	11,10	1,50	7,20	20,83	
Límite Plástico								
1		11,70	11,50	10,50	0,20	1,00	20,00	21,53
3		11,80	11,60	10,50	0,20	1,10	18,18	
10P		11,70	11,50	10,60	0,20	0,90	22,22	
7		11,60	11,40	10,50	0,20	0,90	22,22	
90		11,70	11,50	10,70	0,20	0,80	25,00	



Resultados				
Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite Líquido	21,92	%	SUCS	SM
Límite Plástico	21,53	%		
Índice de Plasticidad	0,39	%	AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de Liquidez	-27,92			

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Tabla 118. Límites de Atterberg pozo 11**



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

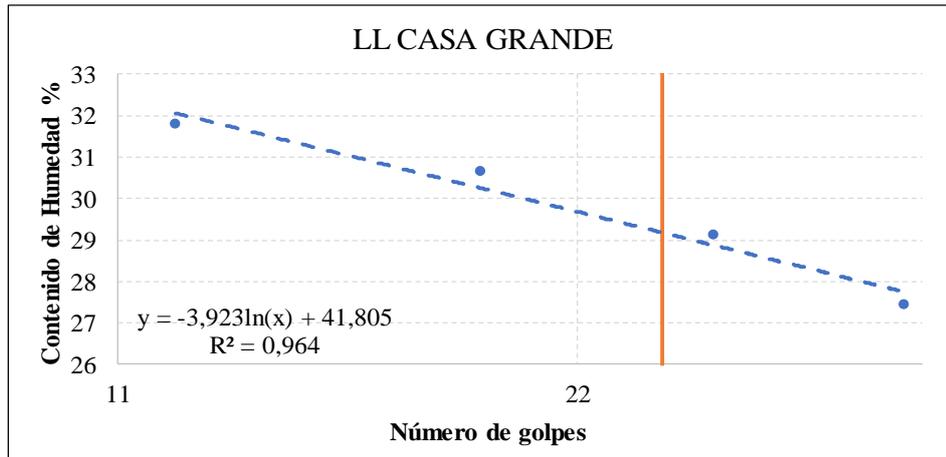


Parroquia: Pinllo  
 Vía: El Alcance - Quisapincha  
 Profundidad: 80  
 Fecha: 28 - Jun - 2019  
 Muestra: 11

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 89 2013  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 761720 Y: 9863393

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
13	12	34,80	29,10	11,00	5,70	18,10	31,49	31,78
31		37,00	31,10	12,70	5,90	18,40	32,07	
2	19	36,40	30,40	10,90	6,00	19,50	30,77	30,63
71		35,60	29,90	11,20	5,70	18,70	30,48	
16	27	37,50	31,50	11,10	6,00	20,40	29,41	29,12
74		40,00	33,60	11,40	6,40	22,20	28,83	
6	36	27,90	24,20	10,80	3,70	13,40	27,61	27,41
65		30,90	26,60	10,80	4,30	15,80	27,22	
Límite Plástico								
65		6,80	6,60	6,10	0,20	0,50	40,00	27,71
3		8,40	8,20	7,40	0,20	0,80	25,00	
46		8,60	8,40	7,40	0,20	1,00	20,00	
57		6,90	6,70	6,00	0,20	0,70	28,57	
10		8,40	8,20	7,40	0,20	0,80	25,00	



Resultados				
Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite Líquido	29,18	%	SUCS	SM
Límite Plástico	27,71	%		
Índice de Plasticidad	1,46	%	AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de Liquidez	-3,41			

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 119. Límites de Atterberg pozo 12



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

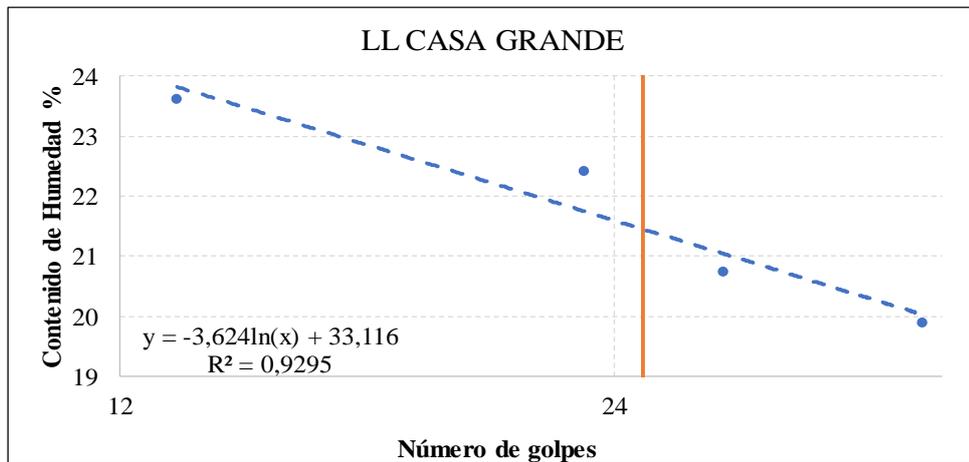


Parroquia: Pinllo  
 Vía: El Alcance - Quisapincha  
 Profundidad: 65  
 Fecha: 02 - Jul - 2019  
 Muestra: 12

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 89 2013  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 761586 Y: 9863707

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
75	13	20,80	18,90	10,80	1,90	8,10	23,46	23,60
20		21,20	19,30	11,30	1,90	8,00	23,75	
64	23	22,70	20,60	11,20	2,10	9,40	22,34	22,41
71		22,20	20,20	11,30	2,00	8,90	22,47	
76	28	20,60	19,00	11,30	1,60	7,70	20,78	20,73
62		21,50	19,70	11,00	1,80	8,70	20,69	
74	37	22,50	20,70	11,50	1,80	9,20	19,57	19,89
12		21,70	19,90	11,00	1,80	8,90	20,22	
Límite Plástico								
90		11,70	11,50	10,60	0,20	0,90	22,22	21,32
3		12,10	11,90	10,60	0,20	1,30	15,38	
17		12,00	11,80	10,70	0,20	1,10	18,18	
11		11,60	11,40	10,50	0,20	0,90	22,22	
10P		11,40	11,20	10,50	0,20	0,70	28,57	



Resultados				
Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite Líquido	21,45	%	SUCS	SM
Límite Plástico	21,32	%		
Índice de Plasticidad	0,13	%	AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de Liquidez	-3,88			

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Tabla 120.** Gravedad específica pozo 1



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Pinllo  
 Vía: San José - La Democracia  
 Profundidad: 80  
 Fecha: 17 - Jun - 2019  
 Muestra: 1

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 100 2015  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llunitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 762829 Y: 9864347

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #4**

Muestra número	1
Picnómetro número (Pg)	S/N
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	648,8
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	679,6
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	18,7
Temperatura del agua y suelo en °C	21
Factor de Corrección por temperatura = <b>K</b>	0,998
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	98
Recipiente + peso suelo seco	136,6
Peso del recipiente	87,1
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	49,5
<b><math>G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})</math></b>	2,642

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

**Tabla 121.** Gravedad específica pozo 2



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Pinllo  
 Vía: San José - La Democracia  
 Profundidad: 85  
 Fecha: 17 - Jun - 2019  
 Muestra: 2

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 100 2015  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 763024 Y: 9864334

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #4**

Muestra número	2
Picnómetro número (Pg)	S/N
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	648,8
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	679,7
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	18,60
Temperatura del agua y suelo en °C	24
Factor de Corrección por temperatura = <b>K</b>	0,9973
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	47
Recipiente + peso suelo seco	151,8
Peso del recipiente	102,3
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	49,5
<b><math>G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})</math></b>	2,654

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Tabla 122.** Gravedad específica pozo 3



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Constantino Fernández

Proyecto: Tesis de Grado

Vía: La Dolorosa

Normas: AASHTO T 100 2015

Profundidad: 75

Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig

Fecha: 27 - Jun - 2019

Revisado Por: Ing. Favio Portilla

Muestra: 3

Coordenadas: X: 763089 Y: 9867436

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**

**Suelos menores al tamiz #4**

Muestra número	3
Picnómetro número (Pg)	S/N
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	648,8
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	679,9
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	18,6
Temperatura del agua y suelo en °C	22
Factor de Corrección por temperatura = <b>K</b>	0,9978
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	39
Recipiente + peso suelo seco	156,9
Peso del recipiente	107,2
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	49,7
<b><math>G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})</math></b>	2,666

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Tabla 123.** Gravedad específica pozo 4



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: La Dolorosa  
 Profundidad: 70  
 Fecha: 27 - Jun - 2019  
 Muestra: 4

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 100 2015  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 764343 Y: 9868123

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #4**

Muestra número	4
Picnómetro número (Pg)	S/N
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	648,8
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	679,6
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	18,8
Temperatura del agua y suelo en °C	23
Factor de Corrección por temperatura = <b>K</b>	0,9976
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	Kc1
Recipiente + peso suelo seco	129,8
Peso del recipiente	80,2
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	49,6
<b><math>G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})</math></b>	2,632

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Tabla 124.** Gravedad específica pozo 5



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: Angahuana - San Juan  
 Profundidad: 65  
 Fecha: 27 - Jun - 2019  
 Muestra: 5

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 100 2015  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 762987 Y: 9869630

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #4**

Muestra número	5
Picnómetro número (Pg)	S/N
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	648,8
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	679,5
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	18,9
Temperatura del agua y suelo en °C	22
Factor de Corrección por temperatura = <b>K</b>	0,9978
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	78
Recipiente + peso suelo seco	194,4
Peso del recipiente	144,8
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	49,6
<b><math>G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})</math></b>	2,619

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Tabla 125.** Gravedad específica pozo 6



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: Angahuana - San Juan  
 Profundidad: 80  
 Fecha: 27 - Jun - 2019  
 Muestra: 6

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 100 2015  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 761385 Y: 9867867

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #4**

Muestra número	6
Picnómetro número (Pg)	S/N
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	648,8
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	679,6
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	18,8
Temperatura del agua y suelo en °C	24
Factor de Corrección por temperatura = <b>K</b>	0,9973
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	78
Recipiente + peso suelo seco	194,5
Peso del recipiente	144,9
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	49,6
<b><math>G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})</math></b>	2,631

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Tabla 126.** Gravedad específica pozo 7



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: San José - La Libertad  
 Profundidad: 75  
 Fecha: 28 - Jun - 2019  
 Muestra: 7

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 100 2015  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 762414 Y: 9866895

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #4**

Muestra número	7
Picnómetro número (Pg)	S/N
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	648,8
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	679,5
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	18,5
Temperatura del agua y suelo en °C	24
Factor de Corrección por temperatura = <b>K</b>	0,9973
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	47
Recipiente + peso suelo seco	151,8
Peso del recipiente	102,6
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	49,2
<b><math>G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})</math></b>	2,652

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Tabla 127.** Gravedad específica pozo 8



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Constantino Fernández  
Vía: San José - La Libertad  
Profundidad: 75  
Fecha: 28 - Jun - 2019  
Muestra: 8

Proyecto: Tesis de Grado  
Normas: AASHTO T 100 2015  
Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
Coordenadas: X: 762505 Y: 9866207

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #4**

Muestra número	8
Picnómetro número (Pg)	S/N
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	648,8
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	679,4
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	18,9
Temperatura del agua y suelo en °C	23
Factor de Corrección por temperatura = <b>K</b>	0,9976
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	42
Recipiente + peso suelo seco	159,2
Peso del recipiente	109,7
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	49,5
<b><math>G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})</math></b>	2,613

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Tabla 128.** Gravedad específica pozo 9



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Pinllo

Proyecto: Tesis de Grado

Vía: La Heroína - Santa Marianita

Normas: AASHTO T 100 2015

Profundidad: 70

Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig

Fecha: 28 - Jun - 2019

Revisado Por: Ing. Favio Portilla

Muestra: 9

Coordenadas: X: 762543 Y: 9865052

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #4**

Muestra número	9
Picnómetro número (Pg)	S/N
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	648,8
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	679,7
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	18,6
Temperatura del agua y suelo en °C	23
Factor de Corrección por temperatura = <b>K</b>	0,9976
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	50
Recipiente + peso suelo seco	153,6
Peso del recipiente	104,1
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	49,5
<b><math>G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})</math></b>	2,655

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Tabla 129.** Gravedad específica pozo 10



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Pinllo

Vía: La Heroína - Santa Marianita

Profundidad: 85

Fecha: 28 - Jun - 2019

Muestra: 10

Proyecto: Tesis de Grado

Normas: AASHTO T 100 2015

Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig

Revisado Por: Ing. Favio Portilla

Coordenadas: X: 763207 Y: 9864577

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**

**Suelos menores al tamiz #4**

Muestra número	10
Picnómetro número (Pg)	S/N
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	648,8
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	679,8
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	18,6
Temperatura del agua y suelo en °C	21
Factor de Corrección por temperatura = <b>K</b>	0,998
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	59
Recipiente + peso suelo seco	191,4
Peso del recipiente	141,8
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	49,6
<b><math>G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})</math></b>	2,661

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Tabla 130.** Gravedad específica pozo 11



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Pinllo  
Vía: El Alcance - Quisapincha  
Profundidad: 80  
Fecha: 28 - Jun - 2019  
Muestra: 11

Proyecto: Tesis de Grado  
Normas: AASHTO T 100 2015  
Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
Coordenadas: X: 761720 Y: 9863393

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #4**

Muestra número	11
Picnómetro número (Pg)	S/N
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	648,8
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	679,6
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	18,9
Temperatura del agua y suelo en °C	24
Factor de Corrección por temperatura = <b>K</b>	0,9973
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	59
Recipiente + peso suelo seco	191,4
Peso del recipiente	141,7
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	49,7
<b><math>G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})</math></b>	2,623

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

**Tabla 131.** Gravedad específica pozo 12



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Pinllo  
 Vía: El Alcance - Quisapincha  
 Profundidad: 65  
 Fecha: 02 - Jul - 2019  
 Muestra: 12

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 100 2015  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 761586 Y: 9863707

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #4**

Muestra número	12
Picnómetro número (Pg)	S/N
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	648,8
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	679,7
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	18,7
Temperatura del agua y suelo en °C	22
Factor de Corrección por temperatura = <b>K</b>	0,9978
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	44
Recipiente + peso suelo seco	198,5
Peso del recipiente	148,9
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	49,6
<b><math>G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})</math></b>	2,647

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 132. Proctor pozo 1



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Pinllo  
 Vía: San José - La Democracia  
 Profundidad: 80  
 Fecha: 17 - Jun - 2019  
 Muestra: 1

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 180 2018  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 762829 Y: 9864347

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	17151	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Mold	2221	cm <sup>3</sup>		
Energía de Compactación		Normas:	AASHTO T-180					
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000			
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Numero	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	9	13	17	21				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	20518	20734	21015	20960				
Peso suelo humedo Wm (gr)	3367	3583	3864	3809				
Peso unitario humedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,516	1,614	1,740	1,715				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente numero	64	57	37	1	60	61	41	86
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	30,7	31,1	26	23,8	31	30,1	31,1	31,2
Rec+suelo humedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	114,9	94,4	114	106,1	105,8	109,1	112,1	113,2
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	105,5	87,3	101,4	94,3	92,9	95,4	95,4	97,1
Peso solidos W <sub>s</sub>	74,8	56,2	75,4	70,5	61,9	65,3	64,3	65,9
Peso del agua W <sub>w</sub>	9,4	7,1	12,6	11,8	12,9	13,7	16,7	16,1
Cont. Humedad $\omega$ %	12,57	12,63	16,71	16,74	20,84	20,98	25,97	24,43
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	12,60		16,72		20,91		25,20	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,347		1,382		1,439		1,370	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p style="text-align: center;"><b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p>				<p><b>Máxima densidad Seca:</b></p> <p style="text-align: center;"><b>1,439 gr/cm<sup>3</sup></b></p> <p><b>Óptimo Contenido de Humedad:</b></p> <p style="text-align: center;"><b>20,9 %</b></p>				
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1,439 gr/cm<sup>3</sup>, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 20,9 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 133. Proctor pozo 2



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Pinlo  
 Vía: San José - La Democracia  
 Profundidad: 85  
 Fecha: 17 - Jun - 2019  
 Muestra: 2

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 180 2018  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 763024 Y: 9864334

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	17151	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Mold	2220,6	cm <sup>3</sup>		
Energía de Compactación	Normas:		AASHTO T-180					
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	6000		
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Numero	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	9	13	17	21				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	20781	21135	21069	20938				
Peso suelo humedo Wm (gr)	3630	3984	3918	3787				
Peso unitario humedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,635	1,794	1,764	1,705				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente numero	17	24	19	16	81	89	75	69
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	24,7	24,1	26,5	24,3	30,7	31,3	30,7	30,5
Rec+suelo humedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	120,9	109,1	127,9	113,4	122,4	114,7	135,5	114
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	110,3	99,8	114,2	100,8	107,1	100,9	115,1	97,1
Peso solidos W <sub>s</sub>	85,6	75,7	87,7	76,5	76,4	69,6	84,4	66,6
Peso del agua W <sub>w</sub>	10,6	9,3	13,7	12,6	15,3	13,8	20,4	16,9
Cont. Humedad $\omega$ %	12,38	12,29	15,62	16,47	20,03	19,83	24,17	25,38
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	12,33		16,05		19,93		24,77	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,455		1,546		1,471		1,367	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p><b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p>					<p><b>Máxima densidad Seca:</b></p> <p><b>1,545 gr/cm<sup>3</sup></b></p> <p><b>Óptimo Contenido de Humedad:</b></p> <p><b>16,1 %</b></p>			
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1,545 gr/cm<sup>3</sup>, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 16,05 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 134. Proctor pozo 3



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: La Dolorosa  
 Profundidad: 75  
 Fecha: 27 - Jun - 2019  
 Muestra: 3

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 180 2018  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 763089 Y: 9867436

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15129	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Mold	2323	cm <sup>3</sup>		
Energía de Compactación		Normas:	AASHTO T-180					
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000		6000	
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Numero	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	5	9	13	17				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18777	19172	19666	19543				
Peso suelo humedo Wm (gr)	3648	4043	4537	4414				
Peso unitario humedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,571	1,741	1,953	1,900				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente numero	56	5	27	23	33	76	20	71
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	30,5	24,2	25,2	31,1	25,1	30,7	24,6	30,6
Rec+suelo humedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	115,3	117,1	114,8	114,7	116,8	115,7	126,7	124,1
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	109	110,2	105	105,8	104,5	104,2	109,8	109,1
Peso solidos W <sub>s</sub>	78,5	86	79,8	74,7	79,4	73,5	85,2	78,5
Peso del agua W <sub>w</sub>	6,3	6,9	9,8	8,9	12,3	11,5	16,9	15
Cont. Humedad $\omega$ %	8,03	8,02	12,28	11,91	15,49	15,65	19,84	19,11
Cont. Humedad promedio $\omega$ %		8,02		12,10		15,57		19,47
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )		1,454		1,553		1,690		1,591
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p><b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p>					<p><b>Máxima densidad Seca:</b>  <b>1,691 gr/cm<sup>3</sup></b></p> <p><b>Óptimo Contenido de Humedad:</b>  <b>15,6 %</b></p>			
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1,691 gr/cm<sup>3</sup>, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 15,6 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 135. Proctor pozo 4



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: La Dolorosa  
 Profundidad: 70  
 Fecha: 27 - Jun - 2019  
 Muestra: 4

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 180 2018  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 764343 Y: 9868123

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15129	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Mold	2322	cm <sup>3</sup>		
Energía de Compactación		Normas:	AASHTO T-180					
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000		6000	
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Numero	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	7	12	17	22				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18770	19083	19500	19425				
Peso suelo humedo Wm (gr)	3641	3954	4371	4296				
Peso unitario humedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,568	1,703	1,882	1,850				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente numero	86	64	57	60	36	45	66	30
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	31,2	30,7	31,1	31	24,8	23,4	24,8	24,2
Rec+suelo humedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	113,3	112,5	107,1	106,8	106,6	106,4	115,1	115,4
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	105,1	104,2	96,7	96,3	92,7	92,4	97	97,2
Peso solidos W <sub>s</sub>	73,9	73,5	65,6	65,3	67,9	69	72,2	73
Peso del agua W <sub>w</sub>	8,2	8,3	10,4	10,5	13,9	14	18,1	18,2
Cont. Humedad $\omega$ %	11,10	11,29	15,85	16,08	20,47	20,29	25,07	24,93
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	11,19		15,97		20,38		25,00	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,410		1,468		1,564		1,480	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p><b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p>					<p><b>Máxima densidad Seca:</b></p> <p><b>1,564 gr/cm<sup>3</sup></b></p> <p><b>Óptimo Contenido de Humedad:</b></p> <p><b>20,35 %</b></p>			
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1,564 gr/cm<sup>3</sup>, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 20,35 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 136. Proctor pozo 5



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: Angahuana - San Juan  
 Profundidad: 65  
 Fecha: 27 - Jun - 2019  
 Muestra: 5

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 180 2018  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 762987 Y: 9869630

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES									
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15129	gr			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Mold	2322	cm <sup>3</sup>			
Energía de Compactación	Normas: AASHTO T-180								
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000					
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN									
Ensayo Numero	1	2	3	4					
Humedad inicial añadida en %	9	13	17	21					
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19337	19685	19674	19608					
Peso suelo humedo Wm (gr)	4208	4556	4545	4479					
Peso unitario humedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,812	1,962	1,957	1,929					
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD									
Recipiente numero	56	5	27	23	33	76	20	71	
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	30,5	24,2	25,2	31,1	25,1	30,7	24,6	30,6	
Rec+suelo humedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	131,1	132,3	110,5	109,1	123,2	125,1	140,1	139,1	
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	121	121,6	99,4	98,8	107,4	110,1	118,3	118,7	
Peso solidos W <sub>s</sub>	90,5	97,4	74,2	67,7	82,3	79,4	93,7	88,1	
Peso del agua W <sub>w</sub>	10,1	10,7	11,1	10,3	15,8	15	21,8	20,4	
Cont. Humedad $\omega$ %	11,16	10,99	14,96	15,21	19,20	18,89	23,27	23,16	
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	11,07		15,09		19,04		23,21		
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,632		1,705		1,644		1,566		
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA									
<p><b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p>					<p><b>Máxima densidad Seca:</b>  <b>1,705 gr/cm<sup>3</sup></b></p> <p><b>Óptimo Contenido de Humedad:</b>  <b>15,1 %</b></p>				
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO									
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1,705 gr/cm<sup>3</sup>, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 15,1 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>									

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 137. Proctor pozo 6



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: Angahuana - San Juan  
 Profundidad: 80  
 Fecha: 27 - Jun - 2019  
 Muestra: 6

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 180 2018  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 761385 Y: 9867867

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15129	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Mold	2322	cm <sup>3</sup>		
Energía de Compactación	Normas: AASHTO T-180							
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000			
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Numero	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	8	13	18	23				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18677	19019	19609	19497				
Peso suelo humedo Wm (gr)	3548	3890	4480	4368				
Peso unitario humedo γm (gr/cm <sup>3</sup> )	1,528	1,675	1,929	1,881				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente numero	T20	T21	T05	T06	T19	T25	T01	T22
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	7,3	7,5	7,1	7,2	7,5	7,2	7,8	7,2
Rec+suelo humedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	65,1	64,5	58,9	58,8	61,5	63	59,8	57,2
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	58,6	57,8	51,4	51,3	51,8	53,2	49,3	46,9
Peso solidos W <sub>s</sub>	51,3	50,3	44,3	44,1	44,3	46	41,5	39,7
Peso del agua W <sub>w</sub>	6,5	6,7	7,5	7,5	9,7	9,8	10,5	10,3
Cont. Humedad ω%	12,67	13,32	16,93	17,01	21,90	21,30	25,30	25,94
Cont. Humedad promedio ω%	13,00		16,97		21,60		25,62	
Peso Volumétrico Seco γ <sub>d</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	1,352		1,432		1,587		1,497	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p><b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p>					<p><b>Máxima densidad Seca:</b></p> <p><b>1,588 gr/cm<sup>3</sup></b></p> <p><b>Óptimo Contenido de Humedad:</b></p> <p><b>22 %</b></p>			
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1,588 gr/cm<sup>3</sup>, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 22 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 138. Proctor pozo 7



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: San José - La Libertad  
 Profundidad: 75  
 Fecha: 28 - Jun - 2019  
 Muestra: 7

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 180 2018  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 762414 Y: 9866895

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15129	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Mold	2323	cm <sup>3</sup>		
Energía de Compactación		Normas:	AASHTO T-180					
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000			
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Numero	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	7	11	15	19				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18922	19362	19775	19740				
Peso suelo humedo Wm (gr)	3793	4233	4646	4611				
Peso unitario humedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,633	1,822	2,000	1,985				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente numero	56	5	27	23	33	76	20	71
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	30,5	24,2	25,2	31,1	25,1	30,7	24,6	30,6
Rec+suelo humedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	118,3	117,5	106,3	108	106,7	104,3	102,8	108,2
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	111,5	110,5	97,7	99,9	95,7	94,3	89,9	95,5
Peso solidos W <sub>s</sub>	81	86,3	72,5	68,8	70,6	63,6	65,3	64,9
Peso del agua W <sub>w</sub>	6,8	7	8,6	8,1	11	10	12,9	12,7
Cont. Humedad $\omega$ %	8,40	8,11	11,86	11,77	15,58	15,72	19,75	19,57
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	8,25		11,82		15,65		19,66	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,509		1,630		1,730		1,659	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p><b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p>					<p><b>Máxima densidad Seca:</b></p> <p><b>1,730 gr/cm<sup>3</sup></b></p> <p><b>Óptimo Contenido de Humedad:</b></p> <p><b>15,8 %</b></p>			
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1,73 gr/cm<sup>3</sup>, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 15,8 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 139. Proctor pozo 8



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: San José - La Libertad  
 Profundidad: 75  
 Fecha: 28 - Jun - 2019  
 Muestra: 8

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 180 2018  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 762505 Y: 9866207

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15129	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Mold	2323	cm <sup>3</sup>		
Energía de Compactación		Normas:	AASHTO T-180					
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000		6000	
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Numero	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	9	13	17	21				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19027	19500	19680	19626				
Peso suelo humedo Wm (gr)	3898	4371	4551	4497				
Peso unitario humedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,678	1,882	1,959	1,936				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente numero	34	4	49	51	50	41	25	3
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	23,4	25,7	30,6	30,3	31,2	31,1	24,3	26,9
Rec+suelo humedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	108,5	108,2	111,4	113,1	109	110,1	105,3	105,4
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	99,3	99,3	100,2	102,2	96,5	97,1	90,3	90,7
Peso solidos W <sub>s</sub>	75,9	73,6	69,6	71,9	65,3	66	66	63,8
Peso del agua W <sub>w</sub>	9,2	8,9	11,2	10,9	12,5	13	15	14,7
Cont. Humedad $\omega$ %	12,12	12,09	16,09	15,16	19,14	19,70	22,73	23,04
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	12,11		15,63		19,42		22,88	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,497		1,628		1,641		1,576	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p><b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p>					<p>Máxima densidad Seca:  <b>1,646 gr/cm<sup>3</sup></b></p> <p>Óptimo Contenido de Humedad:  <b>18 %</b></p>			
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1,646 gr/cm<sup>3</sup>, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 18 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 140. Proctor pozo 9



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Pinllo  
 Vía: La Heroína - Santa Marianita  
 Profundidad: 70  
 Fecha: 28 - Jun - 2019  
 Muestra: 9

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 180 2018  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 762543 Y: 9865052

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES							
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	16647	gr	
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Mold	2105	cm3	
Energía de Compactación		Normas:	AASHTO T-180				
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000		6000
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN							
Ensayo Numero	1	2	3	4			
Humedad inicial añadida en %	5	9	13	17			
P. molde+Suelo húmedo (gr)	20458	20758	21000	20945			
Peso suelo humedo Wm (gr)	3811	4111	4353	4298			
Peso unitario humedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,810	1,953	2,068	2,042			
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD							
Recipiente numero	T20	T21	T05	T06	T19	T25	T01 T22
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	7,3	7,5	7,1	7,2	7,5	7,2	7,8 7,2
Rec+suelo humedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	72,5	69,8	73,5	72,3	81,5	87,2	83,1 84,3
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	65,2	62,8	64,5	62,6	69,2	73,6	68,1 69,6
Peso solidos W <sub>s</sub>	57,9	55,3	57,4	55,4	61,7	66,4	60,3 62,4
Peso del agua W <sub>w</sub>	7,3	7	9	9,7	12,3	13,6	15 14,7
Cont. Humedad $\omega$ %	12,61	12,66	15,68	17,51	19,94	20,48	24,88 23,56
Cont. Humedad promedio $\omega$ %		12,63	16,59		20,21		24,22
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )		1,607	1,675		1,720		1,644
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA							
<p style="text-align: center;"><b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p> <p style="text-align: center;">PESO VOLUMÉTRICO SECO <math>\gamma_d</math> (GR/CM<sup>3</sup>)</p> <p style="text-align: center;">CONTENIDO DE HUMEDAD</p>					<p><b>Máxima densidad Seca:</b></p> <p style="text-align: center;"><b>1,720 gr/cm<sup>3</sup></b></p> <p><b>Óptimo Contenido de Humedad:</b></p> <p style="text-align: center;"><b>20,2 %</b></p>		
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO							
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1,72 gr/cm<sup>3</sup>, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 20,2 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>							

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 141. Proctor pozo 10



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Pinllo  
 Vía: La Heroína - Santa Marianita  
 Profundidad: 85  
 Fecha: 28 - Jun - 2019  
 Muestra: 10

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 180 2018  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 763207 Y: 9864577

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15129	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Mold	2323	cm <sup>3</sup>		
Energía de Compactación		Normas:	AASHTO T-180					
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000		6000	
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Numero	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	5	9	13	17				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18992	19618	19919	19698				
Peso suelo humedo Wm (gr)	3863	4489	4790	4569				
Peso unitario humedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,663	1,933	2,062	1,967				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente numero	86	64	57	60	36	45	66	30
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	31,2	30,7	31,1	31	24,8	23,4	24,8	24,2
Rec+suelo humedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	109,7	107,6	115,5	115,3	103,4	103,6	120,3	123,2
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	102,6	100,7	105	105,1	91,5	91,6	103,3	105,4
Peso solidos W <sub>s</sub>	71,4	70	73,9	74,1	66,7	68,2	78,5	81,2
Peso del agua W <sub>w</sub>	7,1	6,9	10,5	10,2	11,9	12	17	17,8
Cont. Humedad $\omega$ %	9,94	9,86	14,21	13,77	17,84	17,60	21,66	21,92
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	9,90		13,99		17,72		21,79	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,513		1,696		1,752		1,615	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p><b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p>					<p><b>Máxima densidad Seca:</b>  <b>1,755 gr/cm<sup>3</sup></b></p> <p><b>Óptimo Contenido de Humedad:</b>  <b>17,2 %</b></p>			
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1,755 gr/cm<sup>3</sup>, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 17,2 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 142. Proctor pozo 11



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Pinllo  
 Vía: El Alcance - Quisapincha  
 Profundidad: 80  
 Fecha: 28 - Jun - 2019  
 Muestra: 11

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 180 2018  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 761720 Y: 9863393

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	17151	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Mold	2220	cm3		
Energía de Compactación		Normas:	AASHTO T-180					
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000		6000	
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Numero	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	5	9	13	17				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	20547	20860	21128	21060				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3396	3709	3977	3909				
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm)	1,530	1,671	1,791	1,761				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente numero	46	62	29	31	80	44	87	72
Peso del recipiente Wr	24,8	30,6	26,6	24,5	30,9	26,1	30,8	30,8
Rec+suelo húmedo Wr+Wm	116,8	112,8	103,2	115,6	104,9	116,2	109,1	114,6
Rec+suelo seco Ws + Wm	105,1	102,4	91,2	101,4	91,3	99,6	92,6	96,9
Peso solidos Ws	80,3	71,8	64,6	76,9	60,4	73,5	61,8	66,1
Peso del agua Ww	11,7	10,4	12	14,2	13,6	16,6	16,5	17,7
Cont. Humedad $\omega\%$	14,57	14,48	18,58	18,47	22,52	22,59	26,70	26,78
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	14,53		18,52		22,55		26,74	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm)	1,336		1,410		1,462		1,389	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p><b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p>					<p><b>Máxima densidad Seca:</b>  <b>1,462 gr/cm3</b></p> <p><b>Óptimo Contenido de Humedad:</b>  <b>22,5 %</b></p>			
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1,462 gr/cm<sup>3</sup>, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 22,5 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 143. Proctor pozo 12



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Pinllo  
 Vía: El Alcance - Quisapincha  
 Profundidad: 65  
 Fecha: 02 - Jul - 2019  
 Muestra: 12

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 180 2018  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 761586 Y: 9863707

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES									
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	16647	gr			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Mold	2105	cm <sup>3</sup>			
Energía de Compactación		Normas:	AASHTO T-180						
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000			6000	
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN									
Ensayo Numero	1	2	3	4					
Humedad inicial añadida en %	5	9	13	17					
P. molde+Suelo húmedo (gr)	20500	20771	21100	21050					
Peso suelo humedo Wm (gr)	3853	4124	4453	4403					
Peso unitario humedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,830	1,959	2,115	2,092					
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD									
Recipiente numero	2	3	4	5	20	25	27	33	
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	25,1	26,9	25,7	24,2	24,6	24,3	25,2	25,1	
Rec+suelo humedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	130,9	127,4	124,4	125,4	112,8	111,5	138,6	132,1	
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	123,3	120	114,1	114,6	100,7	99,3	119,4	114	
Peso solidos W <sub>s</sub>	98,2	93,1	88,4	90,4	76,1	75	94,2	88,9	
Peso del agua W <sub>w</sub>	7,6	7,4	10,3	10,8	12,1	12,2	19,2	18,1	
Cont. Humedad $\omega\%$	7,74	7,95	11,65	11,95	15,90	16,27	20,38	20,36	
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	7,84		11,80		16,08		20,37		
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,697		1,752		1,822		1,738		
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA									
<p><b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p>					<p><b>Máxima densidad Seca:</b>  <b>1,822 gr/cm<sup>3</sup></b></p> <p><b>Óptimo Contenido de Humedad:</b>  <b>16,2 %</b></p>				
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO									
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1,822 gr/cm<sup>3</sup>, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 16,2 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>									

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 144. CBR pozo 1



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



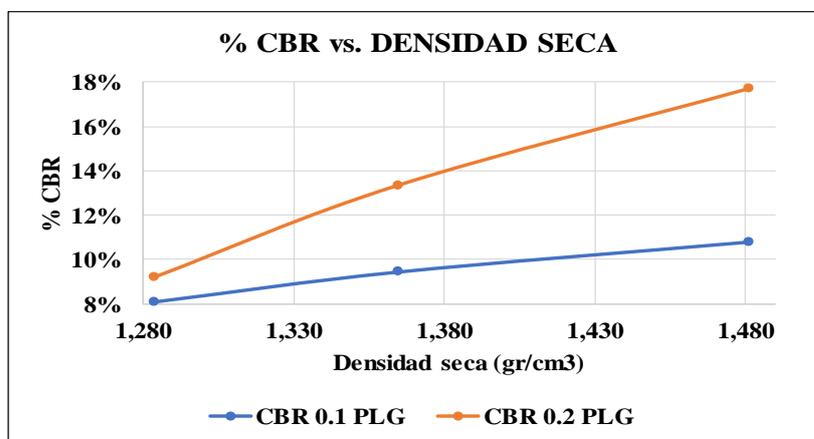
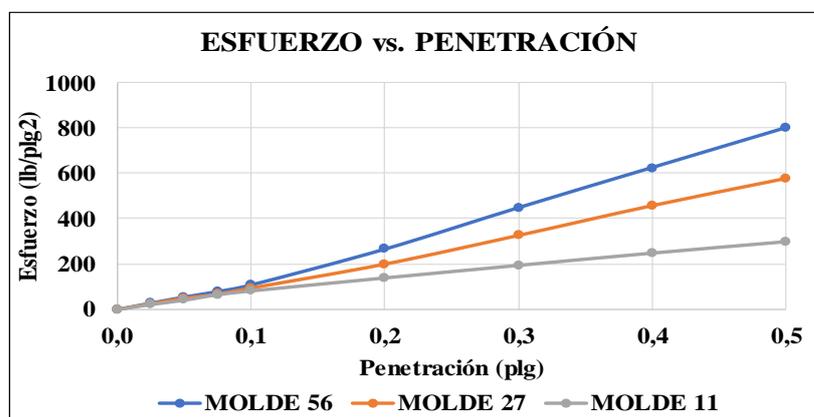
Parroquia: Pinllo  
 Vía: San José - La Democracia  
 Profundidad: 80  
 Fecha: 17 - Jun - 2019  
 Muestra: 1

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 193 2013  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 762829 Y: 9864347

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb		
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180	<b>ALTURA DE CAIDA:</b>		18 "		
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000	<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>		20,90		
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.						
MOLDE N°	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	12360	12143	12133			
Masa Molde (gr)	8301	8396	8635			
Masa Muestra Humeda (gr)	4059	3747	3498			
Volumen Muestra (cm3)	2264,61	2268,33	2253,34			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	1,792	1,652	1,552			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>01</b>	<b>17</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>34</b>	<b>37</b>
P. Hum. + Recipiente	89,2	112,5	91,5	108,1	101,8	114,7
P. Seco + Recipiente	77,8	97,3	79,7	94,8	88,2	99,4
Peso Recipiente	23,7	24,7	24,1	31,1	23,4	26
Peso Agua	11,4	15,2	11,8	13,3	13,6	15,3
Peso de Sólidos	54,1	72,6	55,6	63,7	64,8	73,4
Contenido Humedad %	21,07	20,94	21,22	20,88	20,99	20,84
Con. Hum. Prom. %	21,00		21,05		20,92	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1,481		1,365		1,284	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	12395		12242		12641	
Masa Molde (gr)	8301		8396		8635	
Masa Muestra Humeda (gr)	4094		3846		4006	
Masa Agua Absorbida	35		99		508	
% Agua Absorbida	0,86%		2,64%		14,52%	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>01</b>	<b>17</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>34</b>	<b>37</b>
P. Hum. + Recipiente	112,2	113,1	103,7	111,1	119,7	117,3
P. Seco + Recipiente	94,1	94,2	85,8	93,9	95,8	97,3
Peso Recipiente	23,7	24,7	24,1	31,1	23,4	26
Peso Agua	18,1	18,9	17,9	17,2	23,9	20
Peso de Sólidos	70,4	69,5	61,7	62,8	72,4	71,3
Contenido Humedad %	25,71	27,19	29,01	27,39	33,01	28,05
Con. Hum. Prom. %	26,45		28,20		30,53	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg2)	Dial	Presión (lb/plg2)	Dial	Presión (lb/plg2)
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0
0,025	83,2	27,7	75,8	25,3	64,7	21,6
0,050	163,9	54,6	148,7	49,6	122,4	40,8
0,075	236,3	78,8	201,6	67,2	193,8	64,6
0,100	323,7	107,9	283,4	94,5	243,3	81,1
0,200	796,2	265,4	599,7	199,9	413,7	137,9
0,300	1343,6	447,9	979,6	326,5	578,4	192,8
0,400	1873,0	624,3	1373,3	457,8	739,5	246,5
0,500	2398,8	799,6	1732,9	577,6	889,1	296,4
PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg2)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg2)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	107,90	10,79%	1,481	265,40	17,69%	1,481
2	94,47	9,45%	1,365	199,90	13,33%	1,365
3	81,10	8,11%	1,284	137,90	9,19%	1,284

### ENSAYO CBR DE LABORATORIO



Densidad Seca Máxima:	1,439 gr/cm3
-----------------------	--------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
95%	1,367	13,3

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 145. CBR pozo 2



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



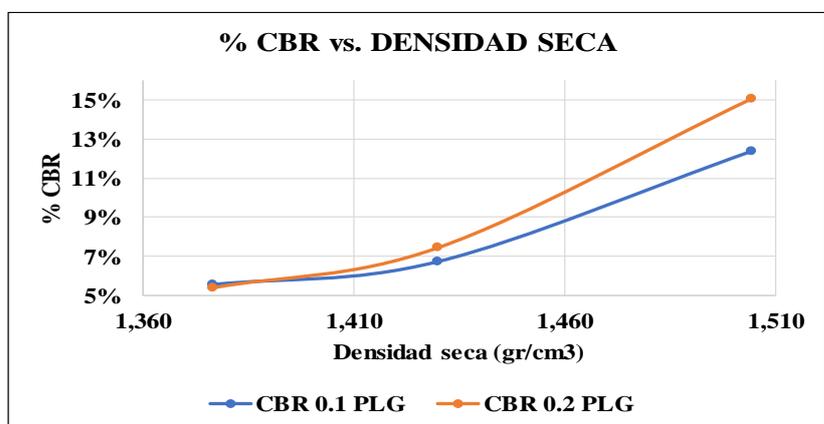
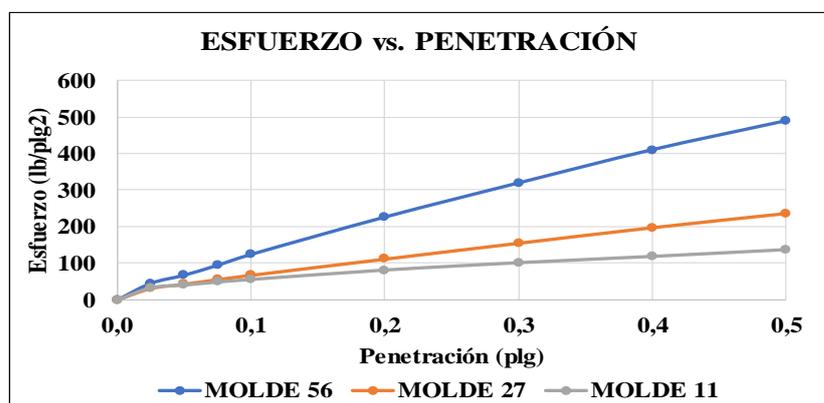
Parroquia: Pinllo  
 Vía: San José - La Democracia  
 Profundidad: 85  
 Fecha: 17 - Jun - 2019  
 Muestra: 2

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 193 2013  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 763024 Y: 9864334

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb		
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180	<b>ALTURA DE CAIDA:</b>		18 "		
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000	<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>		16,05		
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.						
MOLDE N°	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	11039	10810	10042			
Masa Molde (gr)	7075	7028	6431			
Masa Muestra Humeda (gr)	3964	3782	3611			
Volumen Muestra (cm3)	2264,61	2268,33	2253,34			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	1,750	1,667	1,603			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>39</b>	<b>16</b>	<b>48</b>	<b>25</b>	<b>40</b>	<b>43</b>
P. Hum. + Recipiente	106,6	109,9	128,6	123,7	108,4	114,5
P. Seco + Recipiente	95,4	99,4	115,9	109,3	96,5	101,8
Peso Recipiente	25,9	36,2	37,8	24,3	24,1	24,3
Peso Agua	11,2	10,5	12,7	14,4	11,9	12,7
Peso de Sólidos	69,5	63,2	78,1	85	72,4	77,5
Contenido Humedad %	16,12	16,61	16,26	16,94	16,44	16,39
Con. Hum. Prom. %	16,36		16,60		16,41	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1,504		1,430		1,377	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	11443		11253		10594	
Masa Molde (gr)	7075		7028		6431	
Masa Muestra Humeda (gr)	4368		4225		4163	
Masa Agua Absorbida	404		443		552	
% Agua Absorbida	10,19%		11,71%		15,29%	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
Recipiente N°	<b>72</b>	<b>51</b>	<b>67</b>	<b>75</b>	<b>81</b>	<b>37</b>
P. Hum. + Recipiente	126	126,3	123,3	124	157,4	158,1
P. Seco + Recipiente	106,3	107,3	102,2	106,4	127,6	129,7
Peso Recipiente	30,7	30,2	30,2	30,7	30,6	25,9
Peso Agua	19,7	19	21,1	17,6	29,8	28,4
Peso de Sólidos	75,6	77,1	72	75,7	97	103,8
Contenido Humedad %	26,06	24,64	29,31	23,25	30,72	27,36
Con. Hum. Prom. %	25,35		26,28		29,04	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg2)	Dial	Presión (lb/plg2)	Dial	Presión (lb/plg2)
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0
0,025	135,4	45,1	93,0	31,0	98,7	32,9
0,050	202,2	67,4	128,4	42,8	120,3	40,1
0,075	283,9	94,6	166,3	55,4	145,6	48,5
0,100	372,2	124,1	201,7	67,2	166,3	55,4
0,200	677,6	225,9	334,9	111,6	242,8	80,9
0,300	957,1	319,0	465,6	155,2	302,4	100,8
0,400	1228,9	409,6	593,7	197,9	353,8	117,9
0,500	1466,2	488,7	710,6	236,9	408,9	136,3
PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg2)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg2)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	124,07	12,41%	1,504	225,87	15,06%	1,504
2	67,23	6,72%	1,430	111,63	7,44%	1,430
3	55,43	5,54%	1,377	80,93	5,40%	1,377

**ENSAYO CBR DE LABORATORIO**



Densidad Seca Máxima:	1,545 gr/cm3
-----------------------	--------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
95%	1,468	9,41
		11,12

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 146. CBR pozo 3



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: La Dolorosa  
 Profundidad: 75  
 Fecha: 27 - Jun - 2019  
 Muestra: 3

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 193 2013  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 763089 Y: 9867436

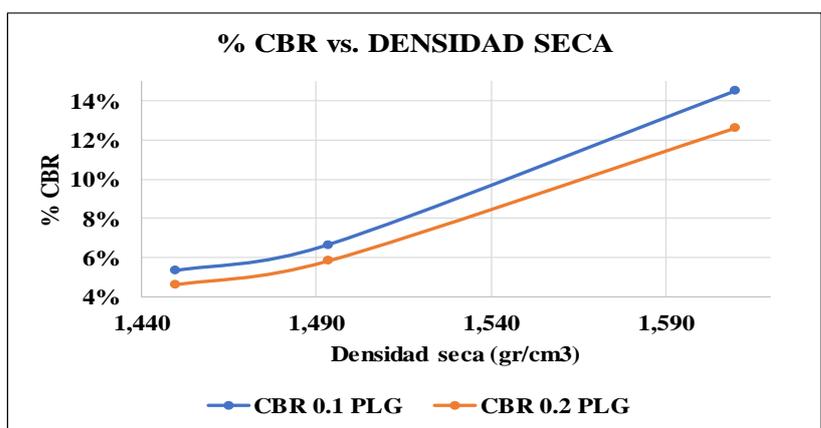
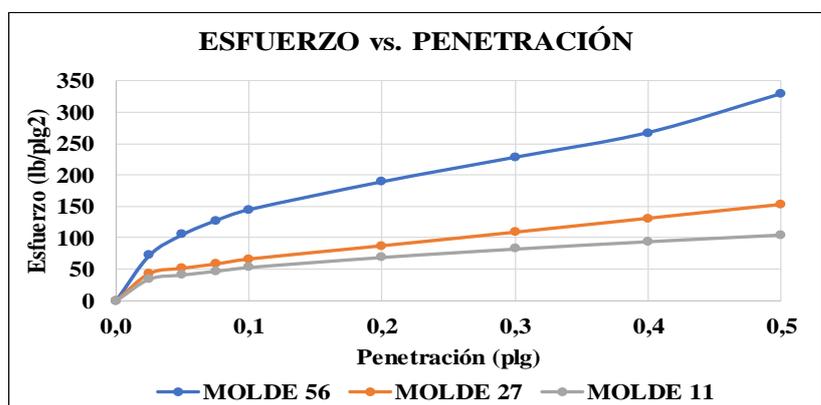
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO		<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb	
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180		<b>ALTURA DE CAIDA:</b>		18 "	
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000		<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>		15,60	
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.						
MOLDE N°	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	11821		10662		11198	
Masa Molde (gr)	7589		6730		7394	
Masa Muestra Humeda (gr)	4232		3932		3804	
Volumen Muestra (cm3)	2264,61		2268,33		2253,34	
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	1,869		1,733		1,688	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>JC1</b>	<b>JC2</b>	<b>JC3</b>	<b>JC4</b>	<b>JC5</b>	<b>JC6</b>
P. Hum. + Recipiente	256,4	340,4	221,2	257,9	251,6	277,4
P. Seco + Recipiente	227,1	299,5	197,1	227,8	222,4	244,3
Peso Recipiente	44,5	45,4	44,5	43,8	44,4	44
Peso Agua	29,3	40,9	24,1	30,1	29,2	33,1
Peso de Sólidos	182,6	254,1	152,6	184	178	200,3
Contenido Humedad %	16,05	16,10	15,79	16,36	16,40	16,53
Con. Hum. Prom. %	16,07		16,08		16,46	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1,610		1,493		1,450	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	12088		11072		11645	
Masa Molde (gr)	7589		6730		7394	
Masa Muestra Humeda (gr)	4499		4342		4251	
Masa Agua Absorbida	267		410		447	
% Agua Absorbida	6,31%		10,43%		11,75%	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>41</b>	<b>69</b>	<b>50</b>	<b>40</b>	<b>25</b>	<b>03</b>
P. Hum. + Recipiente	116	109,8	136,8	139,6	98,7	108,2
P. Seco + Recipiente	98,3	94,8	111,6	115,7	81,6	90,8
Peso Recipiente	31,1	30,7	31,2	24,1	24,3	26,8
Peso Agua	17,7	15	25,2	23,9	17,1	17,4
Peso de Sólidos	67,2	64,1	80,4	91,6	57,3	64
Contenido Humedad %	26,34	23,40	31,34	26,09	29,84	27,19
Con. Hum. Prom. %	24,87		28,72		28,52	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg2)	Dial	Presión (lb/plg2)	Dial	Presión (lb/plg2)
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0
0,025	216,6	72,2	129,9	43,3	103,7	34,6
0,050	315,7	105,2	155,2	51,7	123,4	41,1
0,075	382,4	127,5	175,3	58,4	141,2	47,1
0,100	434,8	144,9	199,2	66,4	159,3	53,1
0,200	567,8	189,3	262,3	87,4	207,3	69,1
0,300	684,6	228,2	327,0	109,0	247,4	82,5
0,400	802,3	267,4	393,2	131,1	282,7	94,2
0,500	987,6	329,2	459,3	153,1	314,7	104,9

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg2)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg2)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	144,93	14,49%	1,610	189,27	12,62%	1,610
2	66,40	6,64%	1,493	87,43	5,83%	1,493
3	53,10	5,31%	1,450	69,10	4,61%	1,450

**ENSAYO CBR DE LABORATORIO**



Densidad Seca Máxima:	1,691 gr/cm3
-----------------------	--------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
95%	1,606	14,3
		12,4

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 147. CBR pozo 4



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: La Dolorosa  
 Profundidad: 70  
 Fecha: 27 - Jun - 2019  
 Muestra: 4

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 193 2013  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 764343 Y: 9868123

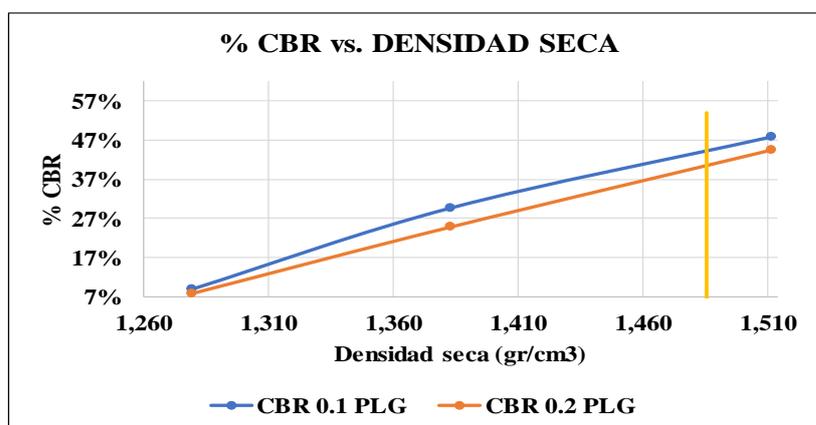
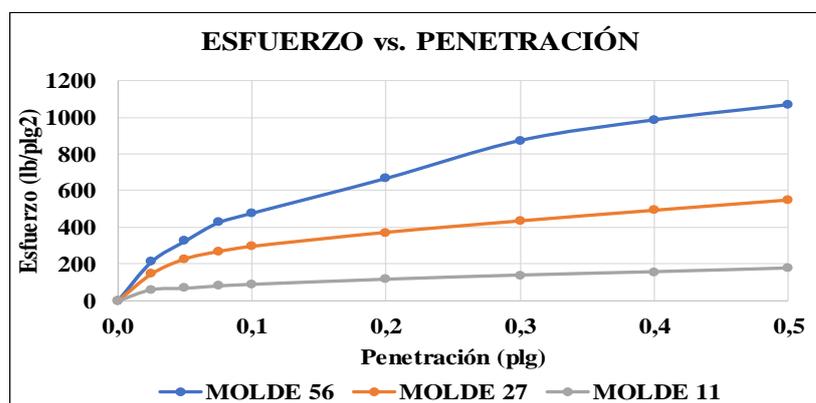
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO		<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb	
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180		<b>ALTURA DE CAIDA:</b>		18 "	
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000		<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>		20,35	
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.						
MOLDE N°	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	11195		10788		9909	
Masa Molde (gr)	7060		7028		6431	
Masa Muestra Humeda (gr)	4135		3760		3478	
Volumen Muestra (cm3)	2264,61		2268,33		2253,34	
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	1,826		1,658		1,543	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>11KC</b>	<b>12KC</b>	<b>13KC</b>	<b>14KC</b>	<b>15KC</b>	<b>16KC</b>
P. Hum. + Recipiente	151,5	142,2	140,2	95,5	128,6	129,7
P. Seco + Recipiente	131	123,2	121,6	85,5	112,1	113,3
Peso Recipiente	33,1	31,2	31,5	33	32,9	33,4
Peso Agua	20,5	19	18,6	10	16,5	16,4
Peso de Sólidos	97,9	92	90,1	52,5	79,2	79,9
Contenido Humedad %	20,94	20,65	20,64	19,05	20,83	20,53
Con. Hum. Prom. %	20,80		19,85		20,68	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1,512		1,383		1,279	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	11476		11190		10368	
Masa Molde (gr)	7060		7028		6431	
Masa Muestra Humeda (gr)	4416		4162		3937	
Masa Agua Absorbida	281		402		459	
% Agua Absorbida	6,80%		10,69%		13,20%	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>11KC</b>	<b>12KC</b>	<b>13KC</b>	<b>14KC</b>	<b>15KC</b>	<b>16KC</b>
P. Hum. + Recipiente	91,6	90,2	92,5	96,8	118,3	118,6
P. Seco + Recipiente	79	77,7	78,3	82,3	95,6	97,3
Peso Recipiente	33,1	31,2	31,5	33	32,9	33,4
Peso Agua	12,6	12,5	14,2	14,5	22,7	21,3
Peso de Sólidos	45,9	46,5	46,8	49,3	62,7	63,9
Contenido Humedad %	27,45	26,88	30,34	29,41	36,20	33,33
Con. Hum. Prom. %	27,17		29,88		34,77	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg2)	Dial	Presión (lb/plg2)	Dial	Presión (lb/plg2)
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0
0,025	638,1	212,7	438,7	146,2	178,2	59,4
0,050	975,0	325,0	683,4	227,8	200,6	66,9
0,075	1279,3	426,4	803,8	267,9	238,8	79,6
0,100	1432,5	477,5	888,3	296,1	264,1	88,0
0,200	2002,8	667,6	1116,3	372,1	346,3	115,4
0,300	2623,0	874,3	1302,8	434,3	412,9	137,6
0,400	2959,8	986,6	1475,9	492,0	466,6	155,5
0,500	3208,9	1069,6	1643,2	547,7	526,1	175,4

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg2)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg2)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	477,50	47,75%	1,512	667,60	44,51%	1,512
2	296,10	29,61%	1,383	372,10	24,81%	1,383
3	88,03	8,80%	1,279	115,43	7,70%	1,279

**ENSAYO CBR DE LABORATORIO**



Densidad Seca Máxima:	1,564 gr/cm3
-----------------------	--------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
95%	1,486	44,3
		40,4

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llumitasig

Tabla 148. CBR pozo 5



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: Angahuana - San Juan  
 Profundidad: 65  
 Fecha: 27 - Jun - 2019  
 Muestra: 5

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 193 2013  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 764343 Y: 9868123

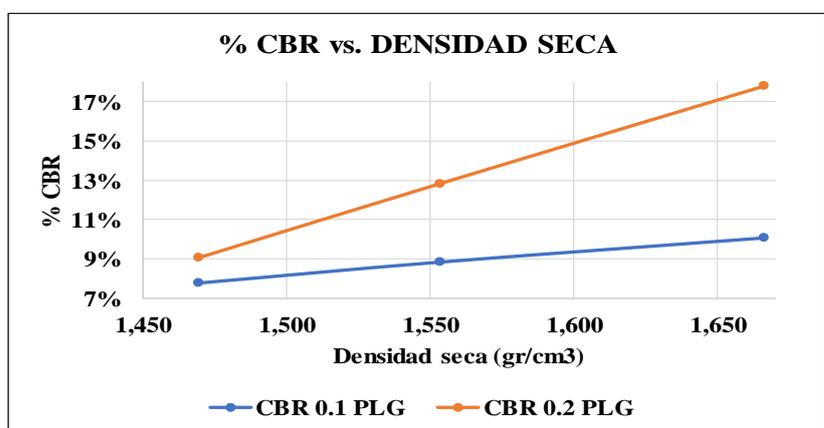
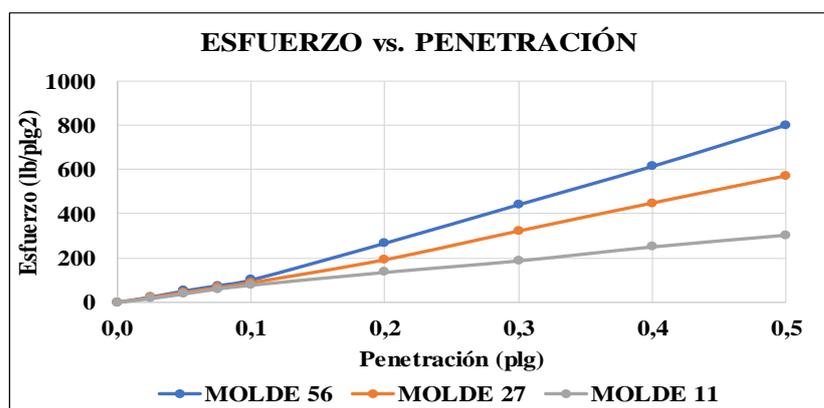
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO		<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb	
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180		<b>ALTURA DE CAIDA:</b>		18 "	
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000		<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>		15,10	
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.						
MOLDE N°	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	11984		10785		11216	
Masa Molde (gr)	7589		6730		7394	
Masa Muestra Humeda (gr)	4395		4055		3822	
Volumen Muestra (cm3)	2264,61		2268,33		2253,34	
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	1,941		1,788		1,696	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>01</b>	<b>17</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>34</b>	<b>37</b>
P. Hum. + Recipiente	251,6	277,4	256,4	335,4	221,2	255,6
P. Seco + Recipiente	222,4	244,3	227,1	299,5	197,1	227,8
Peso Recipiente	44,4	44	44,5	45,4	44,5	43,8
Peso Agua	29,2	33,1	29,3	35,9	24,1	27,8
Peso de Sólidos	178	200,3	182,6	254,1	152,6	184
Contenido Humedad %	16,40	16,53	16,05	14,13	15,79	15,11
Con. Hum. Prom. %	16,46		15,09		15,45	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1,666		1,553		1,469	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	12395		11340		12102	
Masa Molde (gr)	7589		6730		7394	
Masa Muestra Humeda (gr)	4806		4610		4708	
Masa Agua Absorbida	411		555		886	
% Agua Absorbida	9,35%		13,69%		23,18%	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>01</b>	<b>17</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>34</b>	<b>37</b>
P. Hum. + Recipiente	112,2	113,1	103,7	111,1	119,7	117,3
P. Seco + Recipiente	94,1	94,2	85,8	93,9	95,8	97,3
Peso Recipiente	23,7	24,7	24,1	31,1	23,4	26
Peso Agua	18,1	18,9	17,9	17,2	23,9	20
Peso de Sólidos	70,4	69,5	61,7	62,8	72,4	71,3
Contenido Humedad %	25,71	27,19	29,01	27,39	33,01	28,05
Con. Hum. Prom. %	26,45		28,20		30,53	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0
0,025	71,2	23,7	63,3	21,1	51,6	17,2
0,050	154,9	51,6	135,4	45,1	114,5	38,2
0,075	226,3	75,4	197,5	65,8	181,3	60,4
0,100	302,4	100,8	265,4	88,5	233,4	77,8
0,200	801,6	267,2	577,6	192,5	407,5	135,8
0,300	1324,6	441,5	966,4	322,1	564,6	188,2
0,400	1845,2	615,1	1345,6	448,5	754,6	251,5
0,500	2405,8	801,9	1714,5	571,5	914,6	304,9

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	100,80	10,08%	1,666	267,20	17,81%	1,666
2	88,47	8,85%	1,553	192,53	12,84%	1,553
3	77,80	7,78%	1,469	135,83	9,06%	1,469

**ENSAYO CBR DE LABORATORIO**



Densidad Seca Máxima:	1,705 gr/cm <sup>3</sup>
-----------------------	--------------------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
95%	1,620	9,47
		15,74

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

**Tabla 149. CBR pozo 6**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: Angahuana - San Juan  
 Profundidad: 80  
 Fecha: 27 - Jun - 2019  
 Muestra: 6

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 193 2013  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 761385 Y: 9867867

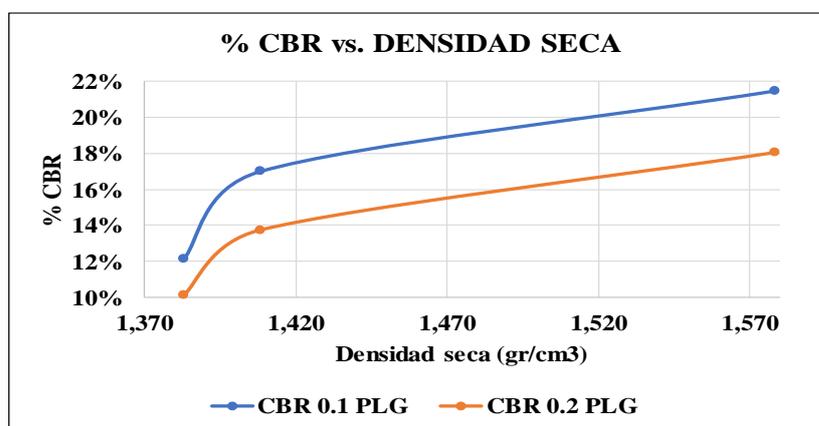
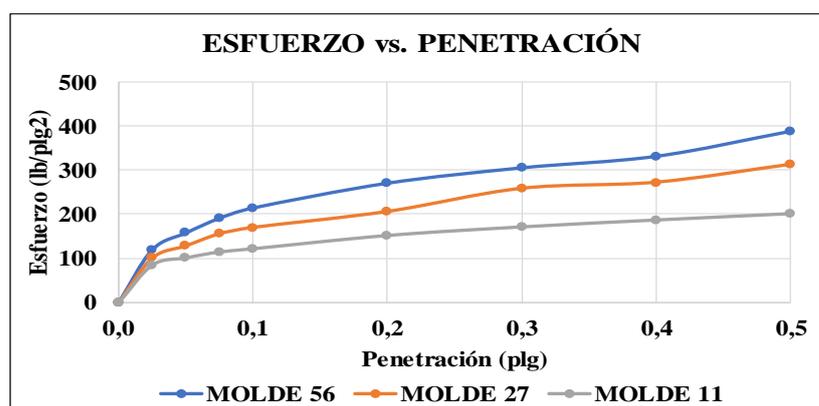
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb		
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180	<b>ALTURA DE CAIDA:</b>		18 "		
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000	<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>		22,00		
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.						
MOLDE N°	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	14030	12353	12150			
Masa Molde (gr)	9639	8396	8347			
Masa Muestra Humeda (gr)	4391	3957	3803			
Volumen Muestra (cm3)	2264,61	2268,33	2253,34			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	1,939	1,744	1,688			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>01</b>	<b>03</b>	<b>69</b>	<b>17</b>	<b>41</b>	<b>79</b>
P. Hum. + Recipiente	114,6	124,6	114,9	111,2	111,5	111,6
P. Seco + Recipiente	98,1	106	98,7	94,5	96,8	97,2
Peso Recipiente	23,7	26,8	30,7	24,7	31,1	30,9
Peso Agua	16,5	18,6	16,2	16,7	14,7	14,4
Peso de Sólidos	74,4	79,2	68	69,8	65,7	66,3
Contenido Humedad %	22,18	23,48	23,82	23,93	22,37	21,72
Con. Hum. Prom. %	22,83		23,87		22,05	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1,579		1,408		1,383	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	14110		12501		12353	
Masa Molde (gr)	9639		8396		8347	
Masa Muestra Humeda (gr)	4471		4105		4006	
Masa Agua Absorbida	80		148		203	
% Agua Absorbida	1,82%		3,74%		5,34%	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>T07</b>	<b>T11</b>	<b>T13</b>	<b>T14</b>	<b>T34</b>	<b>T11A</b>
P. Hum. + Recipiente	57,4	56,7	73,2	74,1	62,4	66,6
P. Seco + Recipiente	45,7	46,3	58,3	58,4	49,1	52,8
Peso Recipiente	7,4	7,2	7,9	7,7	7,6	7,6
Peso Agua	11,7	10,4	14,9	15,7	13,3	13,8
Peso de Sólidos	38,3	39,1	50,4	50,7	41,5	45,2
Contenido Humedad %	30,55	26,60	29,56	30,97	32,05	30,53
Con. Hum. Prom. %	28,57		30,26		31,29	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0
0,025	359,3	119,8	301,5	100,5	253,6	84,5
0,050	473,7	157,9	384,5	128,2	302,3	100,8
0,075	573,9	191,3	466,7	155,6	342,2	114,1
0,100	643,8	214,6	509,7	169,9	363,9	121,3
0,200	812,6	270,9	617,8	205,9	453,6	151,2
0,300	917,2	305,7	774,9	258,3	511,6	170,5
0,400	995,6	331,9	816,3	272,1	558,2	186,1
0,500	1165,8	388,6	937,4	312,5	601,1	200,4

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	214,60	21,46%	1,579	270,87	18,06%	1,579
2	169,90	16,99%	1,408	205,93	13,73%	1,408
3	121,30	12,13%	1,383	151,20	10,08%	1,383

**ENSAYO CBR DE LABORATORIO**



Densidad Seca Máxima:	1,588 gr/cm <sup>3</sup>
-----------------------	--------------------------

DSM		% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
95%	1,509	19,69	16,42

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

Tabla 150. CBR pozo 7



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: San José - La Libertad  
 Profundidad: 75  
 Fecha: 28 - Jun - 2019  
 Muestra: 7

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 193 2013  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 762414 Y: 9866895

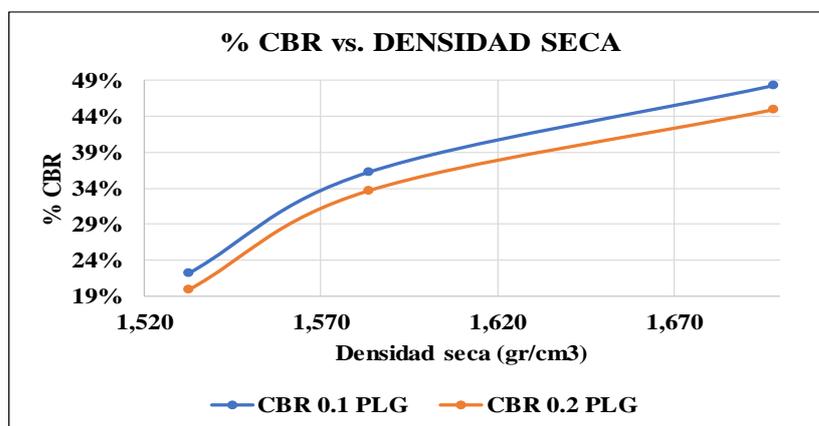
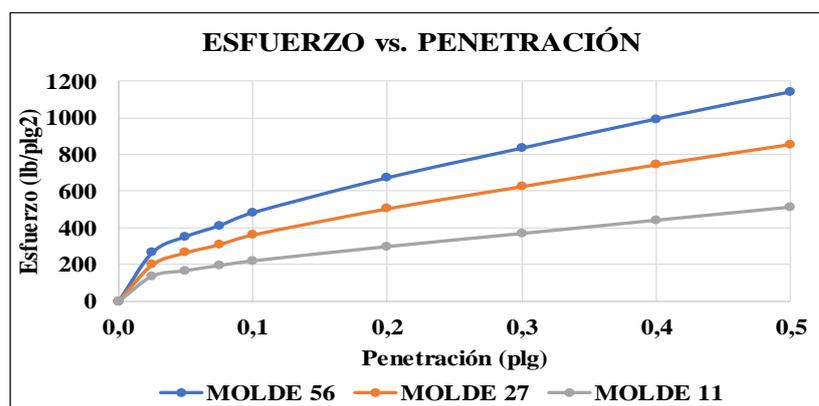
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO							
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb			
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180	<b>ALTURA DE CAIDA:</b>		18 "			
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000	<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>		15,80			
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.							
MOLDE N°	1	2	3				
N° de Capas	5	5	5				
N° de Golpes	56	27	11				
DATOS DEL MOLDEO							
Muestra húmeda + molde (gr)	12095	10905	11384				
Masa Molde (gr)	7589	6730	7394				
Masa Muestra Humeda (gr)	4506	4175	3990				
Volumen Muestra (cm3)	2264,61	2268,33	2253,34				
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	1,990	1,841	1,771				
CONTENIDO DE HUMEDAD							
		<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>		<b>49</b>	<b>79</b>	<b>03</b>	<b>17</b>	<b>25</b>	<b>61</b>
P. Hum. + Recipiente		131,2	130,9	128,7	127,1	125,4	121,4
P. Seco + Recipiente		116,4	116,3	115,2	112,1	111,3	109,6
Peso Recipiente		30,5	30,9	26,8	24,7	24,3	30,2
Peso Agua		14,8	14,6	13,5	15	14,1	11,8
Peso de Sólidos		85,9	85,4	88,4	87,4	87	79,4
Contenido Humedad %		17,23	17,10	15,27	17,16	16,21	14,86
Con. Hum. Prom. %		17,16		16,22		15,53	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)		1,698		1,584		1,533	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN							
Muestra húmeda + molde (gr)		12236	11178	11707			
Masa Molde (gr)		7589	6730	7394			
Masa Muestra Humeda (gr)		4647	4448	4313			
Masa Agua Absorbida		141	273	323			
% Agua Absorbida		3,13%	6,54%	8,10%			
CONTENIDO DE HUMEDAD							
		<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>		<b>37</b>	<b>02</b>	<b>75</b>	<b>81</b>	<b>G</b>	<b>51</b>
P. Hum. + Recipiente		120	122,9	123,5	123,4	91,2	116,4
P. Seco + Recipiente		105,9	107,9	109,4	108,1	77,9	101,8
Peso Recipiente		26	23,9	30,6	30,6	9,9	30,2
Peso Agua		14,1	15	14,1	15,3	13,3	14,6
Peso de Sólidos		79,9	84	78,8	77,5	68	71,6
Contenido Humedad %		17,65	17,86	17,89	19,74	19,56	20,39
Con. Hum. Prom. %		17,75		18,82		19,97	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0
0,025	798,2	266,1	598,7	199,6	413,6	137,9
0,050	1060,9	353,6	795,7	265,2	503,6	167,9
0,075	1238,4	412,8	928,8	309,6	586,9	195,6
0,100	1450,4	483,5	1087,8	362,6	663,2	221,1
0,200	2019,8	673,3	1514,9	505,0	895,6	298,5
0,300	2503,7	834,6	1877,5	625,8	1108,6	369,5
0,400	2979,4	993,1	2234,7	744,9	1324,8	441,6
0,500	3423,6	1141,2	2567,7	855,9	1539,3	513,1

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	483,47	48,35%	1,698	673,27	44,88%	1,698
2	362,60	36,26%	1,584	504,95	33,66%	1,584
3	221,07	22,11%	1,533	298,53	19,90%	1,533

**ENSAYO CBR DE LABORATORIO**



Densidad Seca Máxima:	1,73 gr/cm <sup>3</sup>
-----------------------	-------------------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
95%	1,644	42,53
		39,85

**Autor:** Juan Carlos Claudio Llunitasig

Tabla 151. CBR pozo 8



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Constantino Fernández  
 Vía: San José - La Libertad  
 Profundidad: 75  
 Fecha: 28 - Jun - 2019  
 Muestra: 8

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 193 2013  
 Ensayado por: Juan Carlos Claudio Llumitasig  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 762505 Y: 9866207

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO		<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb	
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180		<b>ALTURA DE CAIDA:</b>		18 "	
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000		<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>		18,00	
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.						
MOLDE N°	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	13975		10803		10514	
Masa Molde (gr)	9635		6727		6683	
Masa Muestra Humeda (gr)	4340		4076		3831	
Volumen Muestra (cm3)	2264,61		2268,33		2253,34	
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	1,916		1,797		1,700	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>JC1</b>	<b>JC2</b>	<b>JC3</b>	<b>JC4</b>	<b>JC5</b>	<b>JC6</b>
P. Hum. + Recipiente	151,4	171,6	173,2	179,8	147,5	152,2
P. Seco + Recipiente	134,3	152,2	154,2	158,1	130,3	134,3
Peso Recipiente	44,5	45,4	44,5	43,8	44,4	44
Peso Agua	17,1	19,4	19	21,7	17,2	17,9
Peso de Sólidos	89,8	106,8	109,7	114,3	85,9	90,3
Contenido Humedad %	19,04	18,16	17,32	18,99	20,02	19,82
Con. Hum. Prom. %	18,60		18,15		19,92	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1,616		1,521		1,418	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	13885		10976		10735	
Masa Molde (gr)	9635		6727		6683	
Masa Muestra Humeda (gr)	4250		4249		4052	
Masa Agua Absorbida	-90		173		221	
% Agua Absorbida	-2,07%		4,24%		5,77%	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>50</b>	<b>81</b>	<b>61</b>	<b>79</b>	<b>69</b>	<b>75</b>
P. Hum. + Recipiente	95,4	95,4	99,1	99,9	110,3	110,5
P. Seco + Recipiente	86,5	87,1	88,4	89,2	97,7	97,7
Peso Recipiente	31,2	30,7	30,2	30,9	30,7	30,7
Peso Agua	8,9	8,3	10,7	10,7	12,6	12,8
Peso de Sólidos	55,3	56,4	58,2	58,3	67	67
Contenido Humedad %	16,09	14,72	18,38	18,35	18,81	19,10
Con. Hum. Prom. %	15,41		18,37		18,96	